معلومات الكتاب

أسم الكتاب : أساسيات علم تشريح النبات
المؤلف : د. بدري عويد العاني ، د. قيصر نجيب صالح
الطبعة : الثالثة (1988)
* تم أستنساخ الكتاب بأشراف موقع محاضرات المرحلة الأولى والثانية لقسم علوم الحياة ، الرابط :
https://sites.google.com/site/lsbodls/
الشعار :



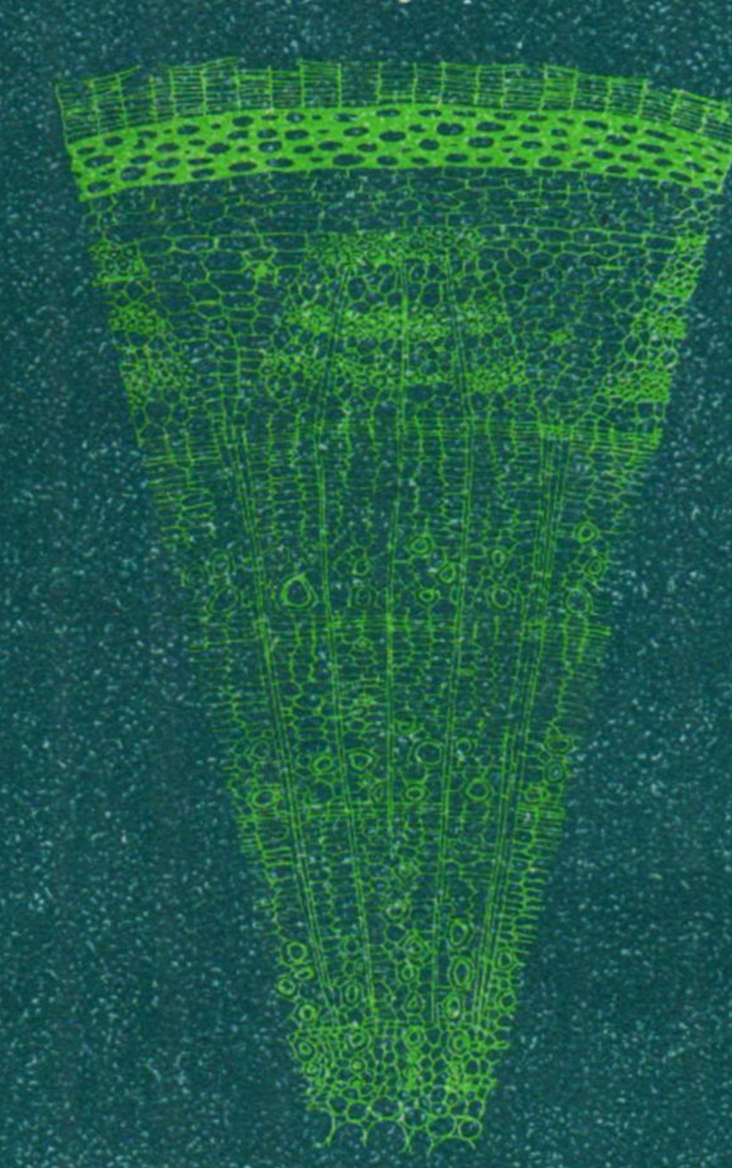
برعاية مكتبة كلية العلوم – جامعة ديالى ، الشعار :



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد

اساسيات علم تشريح النبات

الطبعة الثالثة



تأليف

الدكتور بدري عويد العاني
الدكتور قيصر نجيب صالح

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد

أساسيات علم تشريح النبات

الطبعة الثالثة مع تنقيح وإضافة

تأليف

الدكتور بدري عويد العاني
استاذ
قسم علوم الحياة / كلية العلوم

الدكتور قيصر نجيب صالح
استاذ
قسم النبات / كلية العلوم / جامعة القاهرة

تنقيح

الاستاذ
الدكتور بدري عويد العاني

الاستاذ المساعد
عباس أحمد الصالح

الاستاذ المساعد
علي حسين الموسوي

١٩٨٨

بسم الله الرحمن الرحيم

ديباجة الكتاب

لقد تبنى قسم علوم الحياة منذ سنوات ـ ومن ثم باقي أقسام كلية العلوم بجامعة بغداد ـ فكرة تعريب التعليـــم الجامعي • وتحقيقا لهذا الهدف فقد شكلت لجان متعددة كلفت بتاليف الكتب المنهجية والتعليمات المختبرية باللغة العربية • وعلى الرغم من العقبات التي جابهت العاملين في هذا الحقل ، فقد تم انجاز جميع التعليمات المختبرية تقريبا للموضوعات التي تدرس في قسم علوم الحياة في مختلف سني الدراسة ، وبعض الكتب، وبخاصـــة تلك التي تدرس في السنتين الاوليين من الدراسة الجامعيـة الاولية ، كما وشرع بكتابة رسائل الماجستير باللغة العربية • ويأتي كتاب (أساسيات علم تشريح النبات) واحدا من ثمرات تلك الخطة •

لقد تم اعداد الكتاب بلغة عربية سلسلة بعيدا ـ ما امكـن ـ عن الحشو والتعقيد وذلك وفقا لمفردات المنهج الذى اعتمد من قبل اللجان المختصة بالقسم • وبهدف تعميم الافادة مما في هذا الكتاب من معلومات على نطاق الوطن العربي ، فقد وضعت المصطلحات العربية أو المترجمة أو المعربة جنبا الى جنب مع المصطلح الاجنبي ، توضيحا لمدلولاتها ، وتفاديا لما قد يحصل من لبس أو غموض في بعض المسميات المحلية التي قد تختلف بين قطر وآخر • وقد حقق الاجراء ذاته توفير فرصة أفضل لطلبتنا في البقاء على تماس مع المصطلحات العلمية وما يتضمنه ذلك من مردودات يتجلى أثرها عند رجوعهم للمصادر والنشريات العلمية الاجنبية ، أو عند اكمالهم الدراسة خارج القطر • وعملا بتوصيات اللجنة العلمية بالقسم ولجنة المناهج واللجنة الوطنية للتعريب ، فقد ضمن الكتاب رســـوما توضيحية أو تخطيطية كلما دعت الضرورة لذلك ، وملحقا باهم المصطلحات العلمية في مجال علم التشريح •

ولا يسع المؤلفان ـ وقد انهيا اعداد هذا الكتاب ـ الا أن يعربا عن تقديرهما لرئاسة قسم علوم الحيـــاة ولجنتي المناهج والشؤون العلمية لاسداء مهمة تأليف هذا الكتاب اليهما ، والى عمادة كلية العلوم ورئاسة جامعة بغداد للموافقة على تعضيد تأليفه •

ونحن اذ نفرغ من تاليف هذا الكتاب المنهجي ، بعد ما بذلناه من جهد متاح ، وعلى ضوء ما استعنا به من مراجع وتجارب وخبرات ، نرجو أن يحقق الهدف الذي ألف من أجله ، آملين بهذا أن نكون قـد أسهمنا بقسط متواضع في امداد المكتبة العربية بما هي في أمس الحاجة اليه •

وفي الختام نود ان نتقدم بالشكر والتقدير للاستاذ الدكتور احمد فرج راضي لمراجعته الكتاب والملاحظات القيمة التى أبداها حوله ، والى

مديرية الوسائل التعليمية التابعة للمديرية العامة للمناهج والوسائل التعليمية بوزارة التربية لما قدموه من مساعدة فنية في الكتابة على الاشكال، وفي تصميم الغلاف ، ونخص بالذكر منهم السادة عبدالرزاق مدالله ، ويحيى سلوم العباسي ، وعدي يوسف مخلص ، وفيصل ربيع حمادى •

والله نسأل ان يوفقنا لتقديم المزيد من العطاء لما فيه رفعة امتنا وتقدمها ومجدها كيما تتبوأ مركزها المرموق بين الامم وتعود خير أمة اخرجت للناس •

المؤلفان

بسم الله الرحمن الرحيم

ديباجة

الطبعة الثالثة

جرى تأليف الكتاب المنهجي « أساسيات علم تشريح النّبات » وظهر بطبيعته الأولى عام ١٩٧٧ ، وتم تنقيحه للمرة الأولى وظهرت الطبعَة الثانية للكتاب عام ١٩٧٩ ، واعتمد ككتاب منهجي لتدريس موضوع تشريح النبات في أقسام علوم الحياة بكليات العلوم في سائر الجامعات العراقية . وحيث أنه مضت مدة كافية منذ ظهور الطبعة الثانية للكتاب المذكور ، لذا فان تحديث وتنقيح هذا الكتاب اصبح امراً ضرورياً وذلك ابتغاء سد الثغرات التي شخصت فيه ومواكبة الجديد .

هذا وقد تناولت عملية التنقيح والتحديث هذه مجمل فصُول الكتاب . كما جرت اضافة فصل جديد تحت اسم « التشكيلات النسيجية Chimeras » واضافة فصل آخر يتعلق بمسح عام للجسم النباتي Plant Body جرى دمجه مع مقدمة الكتاب . واضافة الى ماتقدم فقد تم وضع ملحق الاسماء العلمية والانكليزية والمحلية والعربية ، وذلك بالنسبة للنباتات التي ورد ذكرها في متن الكتاب .

وقد تحققت في عملية التنقيح والتحديث هذه اضافات نوعية وكمية بالغة الأهمية في كل فصل من فصول الكتاب بهدف الوصول الى صيغة أفضل .

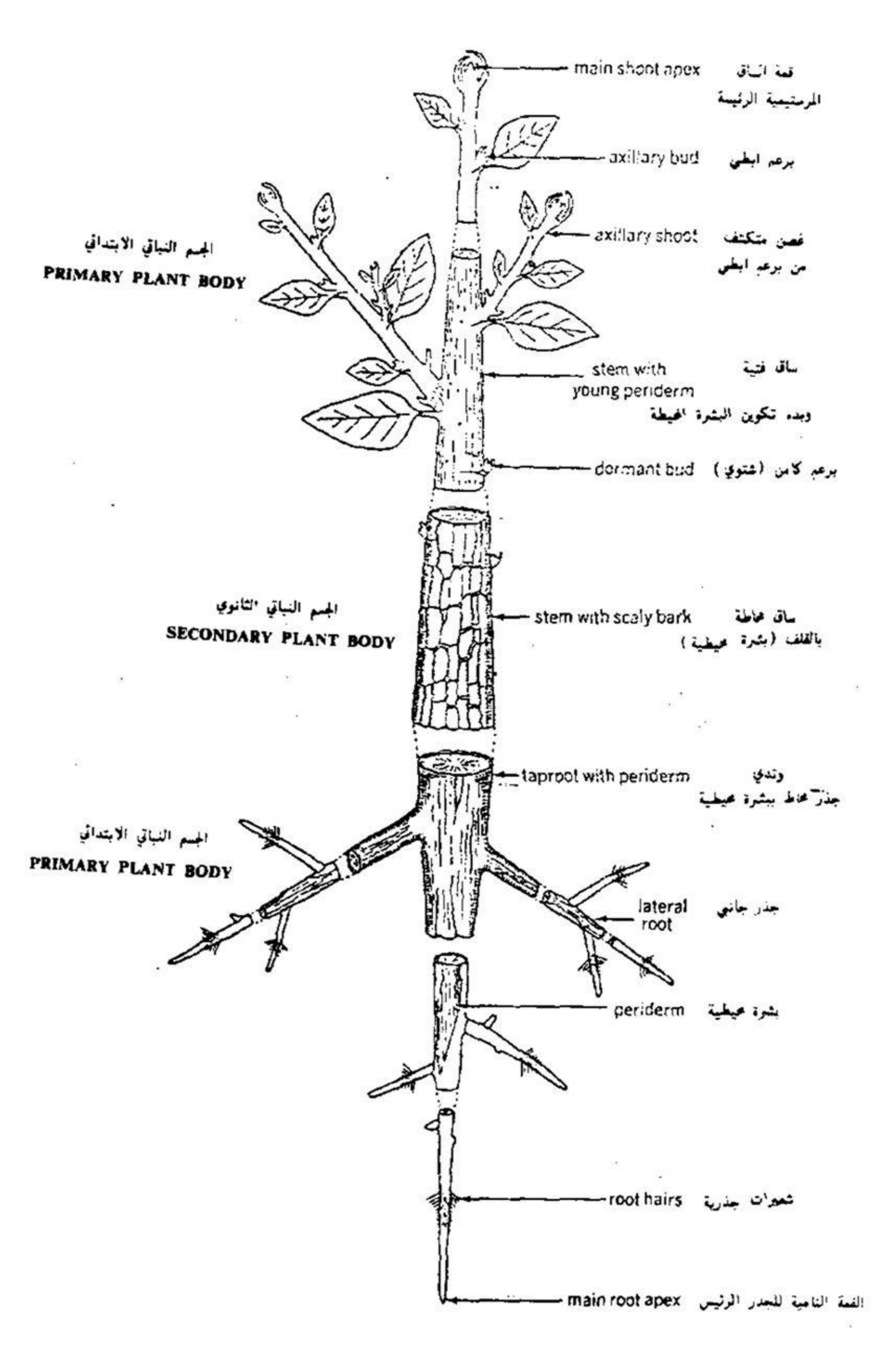
ان اللجنة اذ تفرغ من انجاز تنقيح وتحديث هذا الكتاب ، لتأمل أن تكون قد وفقت في تحقيق التطوير المنشود للكتاب .... كإسهام متواضع لخدمة طلبتنا الأعزاء والايفاء ببعض مايتعين علينا تجاه وطننا الغالي وامتنا العربية المجيدة . والله نسأل انّ يوفقنا دوماً لما فيه الخير والسداد .

ولا يسعنا ونحن نضع الطبعة الثالثة المطورة لهذا الكتاب بين يدي الطالب والباحث والاستاذ ، إلا ان نتقدم بالشكر الجزيل الى اللجنة التي شكلت بالقسم ، والمؤلفة من الدكتور مجيد الحلي ، والدكتورة منى الجبوري ، والدكتور رعد محسن ، لمراجعتهم مسودة النسخة المنقحة ، ولما ابدوه من اقتراحات وملاحظات هادفة ، آملين ان يستمر الجميع في تقديم المزيد من العطاء لتعزيز وتنشيط حركة التأليف والترجمة في اقسامنا العلمية ومؤسساتنا الجامعية والبحثية . والله الموفق .

لجنة التنقيح

الأثنين ٤ محرم ١٤٠٨ هـ

٣١ / ٨ / ١٩٨٧ م



رسم تخطيطي يوضح الجسم النباتي الابتدائي والثانوي

مقدمة في علم تشريح النبات والجسم النباتي
INTRODVCTION TO PLANT ANATOMY AND THE PLAT BODY

يتضمن هذا العلم دراسة التركيب الداخلي لجسم النبات عن طريق تشريح أعضائه المختلفة ودراسة مواقعها والأنسجة المكونة لهذه الأعضاء وتكيفها للقيام بوظائفها المختلفة . علماً بان التركيز في هذا الكتاب خصّ النباتات الوعائية الراقية بقسطٍ من التفصيل .

ويعتبر هذا العلم أحد فروع علم الشكل Morphology فهو في واقع الأمر دراسة الشكل الداخلي للنبات Internal morphology . ورغم ان النباتات الوعائية الراقية Higher vascalar plants تحضى بالنصيب الأكبر من هذه االدراسة إلا ان النباتات الوعائية الأخرى وغير الوعائية Non-vascular plants لابد للتعرض لها ودراستها كلما كان لهذه الدراسة ارتباط بالموضوع تحت الاعتبار وذلك إما على سبيل المقارنة أو عند دراسة بعض الجوانب التطورية للنباتات المختلفة أو لدى التطرق لبعض النظريات كتلك المتعلقة بالمرستيم القمي Apical meristem .

يبدأ ظهور جسم النبات في النباتات الراقية بتكوين البيضة المخصبة Zygote التي تنقسم انقسامات متتالية معينة مكونة الجنين Embryo . وهذا بدوره ينمو ليكون النبات الكامل الذي يمثل في هذه الحالة الطور البوغي Sporophyte وهو الطور ثنائي المجموعة الكروموسومية Diploid Phase .

ويتكون الجسم النباتي في النباتات الراقية من أعضاء واضحة ومتميزة عادة هي الجذر Root والساق Stem والأوراق *Leaves* والملحقات الأخرى كالأعضاء التكاثرية Reproductive organs . يبدأ النبات الذي يمثل الجيل البوغي Sporophyte حياته كتركيب بسيط وحيد الخلية يعرف بالبيضة المخصبة Zygote التي تنمو وتتكشف لتكوين الجنين Embryo. نتيجة لانقسامات الخلايا وتوسعها ومايصاحب ذلك من عمليات تخصص Specialzation وتميّز Differentiation وغير ذلك . ولدى انبات البذرة يتكشف الجنين الى بادرة Seedling ومن ثم النبات البالغ Adult plant .

لبذرة النبات الزّهري جنين Embryo وغذاء مخزون Stored food داخل الجنين (في الفلق) او خارجه (السويداء) بالاضافة الى غلاف بذري Seed coat . يتألف الجنين من محور Axis مركزي الموقع ذي نهايتين تمثل احداهما القمة النامية للساق Shoot apex والاخرى القمة النامية للجذر Root apex . وفي الجنين ايضاً زوائد جانبية ممثلة بفلقة واحدة أو أكثر ، ويدعى جزء المحور الواقع تحت الفلق بالسويقة تحت الفلقية Hypocotyl أما الجزء فوق اتصال الفلق بالمحور فيدعى بالسويقة فوق الفلقية epicotyl التي تنتهي بالرويشة Plumule حيث تتحول الى النظام الخضري Shoot system للنبات في المرحلة بعد الجنينية . وقد يتساءل سائل كيف يستطيع الجنين البسيط التركيب من تكوين جسم النبات ذي الخلايا والأنسجة المختلفة ؟ وللجواب على هذا السؤال نقول إن قمتي الساق والجذر تتميزان بوجود منطقة مرستيمية تتزايد فيها الخلايا من ناحية العدد كما يحدث فيها نمو وتكشف وتميز وتخصص يؤدي الى تحويل قمة الساق للجنين الى النظام الخضري Shoot system وقمة الجذر الى النظام الجذري Root system . وباستمرار النمو للأعلى وللأسفل يزداد النبات طولاً واتساعاً وتتضاعف خلاياه حتى يصل الى مرحلة البلوغ ، وعندئذٍ تتكون الأعضاء التكاثرية ممثلة بالأزهار في النباتات الزهرية (Flowering plants (Anthophyta أو المخاريط Cones في عاريات البذور Gymnosperms .

يتكشف الجنين النامي مكوناً نباتاً كاملاً بسبب امتلاكه القدرة الكامنة Potentiality على النمو والمودعة في أنسجته المولدة Meristematic tissues . ونتيجة لنشاط الخلايا المولدة تتخصص بعض الخلايا لتكون الانسجة المستديمة Permanent tissues المختلفة في حين تحتفظ الأخرى بخاصيتها المرستيمية أو المولدة مادام النبات حياً وفعالاً . أما الخلايا التي تسير في طريق التخصص فيطلق عليها مصطلح المشتقات Darivatives حيث تعاني عمليات التميز والتكيف لتتخصص لأداء وظائف معينة مكونة بذلك الأنسجة المستديمة Permanent tissues . وتعاني المشتقات سلسلة من التغيرات التركيبية والوظائفية خلال مرحلة انتقالها من الحالة المرستيمية الى الحالة البالغة وتعرف مجموعة هذه التغيرات بالتميز Differentiation علماً بان هذه التغايرات تؤدي الى اختلاف المشتقات عن الخلايا المرستيمية اولاً وعن بعضها البعض ثانياً . وهذا التكيف للخلايا يؤدي بالنتيجة الى التخصص Specialization ، ومعنى التخصص هو التغير الذي يحصل للخلية ويؤدي الى تحديد وظائفها وقابليتها الكامنة وقدرتها على التكيف تحت الظروف المختلفة . وقد يؤدي التخصص الى زيادة الكفاءة .

إن النمو الذي يحصل في الجسم النباتي أو في أي جزءٍ منه منذ فترة نشوء الجنين Embryo ولغاية اكتمال استطالته يطلق عليه النمو الابتدائي Primary growth ويحصل هذا بفعل المرستمات القمّية بشكل رئيسي . كما وتسهم المرستيمات البينية Intercalary meristems اضافة الى المرستيمات القمية في بعض النبات كالنجيليات في النمو الابتدائي أيضاً ، ويطلق على الأنسجة التي تتكون أثناء هذا النمو الانسجة الابتدائية Primary tissues . أما الجسم النباتي الذي يتكون من أنسجة ابتدائية خلال النمو الابتدائي فيدعى بالجسم النباتي الابتدائي Primary plant body . في الغالبية العظمى من نباتات ذوات الفلقة الواحدة والحولية من ذوات الفلقتين وكذلك أغلب النباتات الوعائية البدائية Vascvlar cryptogams يكون الجسم النباتي ابتدائياً . أما معظم نباتات ذوات الفلقتين وعارية البذور وبعضاً من ذوات الفلقة الواحدة التي تعاني تسمكاً في السيقان والجذور فيحصل بها نوع آخر من النمو يبدأ بعد اكتمال النمو الابتدائي للجسم النباتي ويسبب زيادة قطرية محسوسة في الأعضاء التي يحصل فيها ، ويدعى بالنمو الثانوي Secondary grawth . وتعرف الأنسجة المتكونة اثناء هذا النمو بالأنسجة الثانوية Secondary tissues ، وينتج عن ذلك جسم نباتي يعرف بالجسم النباتي الثانوي Secondary plant body ، الذي يكون أصلب وأقوى واكثر مقاومة وتعقيداً من الجسم النباتي الابتدائي كما هو واضح في الأشجار والشجيرات عند مقارنتها بالاعشاب . يحصل النمو الابتدائي نتيجة لنشاط المرستيمات الابتدائية Primary meristems التي ينتج عن نشاطها تكوين أنسجة ابتدائية ، ويمكن مشاهدة هذه المرستيمات وتحديدها بسهولة في جنين البذرة ، وكذلك في قمم السيقان والجذور . ويظهر الفحص المجهري للجنين هذه المرستيمات الابتدائية وهي البشرة الاولية Protoderm والكامبيوم الأولي Procamlium والمرستيم الأساسي Ground meristem (شكل ١) وسيتم شرح وتوضيح هذه الأنسجة في فصل قادم .

أما النمو الثانوي الذي يكون الأنسجة الثانوية المكونة للجسم النباتي الثانوي فيتم بفعل مرستيمات اخرى تدعى بالمرستيمات الثانوية Secondary meristems ، ممثلة بالكامبيوم الوعائي Vascular cambium والكامبيوم الفليني Cork cambium or Phellogen . وتتحدد وظيفة الكامبيوم الوعائي بتكوين النسيج الوعائي الثانوي ممثلاً بالخشب واللحاء الثانويين بينما ترتبط وظيفة الكامبيوم الفليني بتكوين البشرة المحيطة Periderm التي تمثل النظام النسيجي الضام في الجسم النباتي الثانوي . والمرستيمات الثانوية التي يطلق عليها أيضاً مصطلح المرستيمات الجانبية Lateral ameristems هي مرستيمات لا جنينية

Non embryonic meristems ولا يبدأ نشاطها إلا بعيداً عن القمم النامية ، وسيتم شرحها وتفصيلها في فصل قادم .

يتألف الجسم النباتي في النباتات الراقية من ملايين الخلايا تختلف عن بعضها البعض في اشكالها العامة وتراكيبها ووظائفها ومواقعها . وعلينا أن نتذكر بأن الخلايا لاتوجد في الجسم النباتي بهيئة انفرادية بل هي متماسكة مع بعضها حيث اننا اذا فحصنا قطاعاً في أي عضو نباتي نلاحظ أن بعض الخلايا تتجمع لتظهر علاقات طوبوغرافية ووظيفية معينة وتعرف مثل هذه المجاميع بالانسجة Tissues . أي أن النسيج هو مجموعة من الخلايا المقترنة تركيبياً ووظيفياً وذات موقع خاص . وقد تتجمع مجاميع كبرى من هذه الأنسجة لتكوين وحدات كبرى في الجسم النباتي يجمعها ببعضها البعض استمرار طوبوغرافي Topographic continuity أو تشابه وظيفي Physiologic similarity أو كلتا الصفتين معاً فيطلق على مثل هذه المجموعات النسيجية الكبرى اسم الأنظمة النسيجية . ومثالها النظام النسيجي الأساسي Fundamental tissue system والنظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system والنظام النسيجي الضام Dermal tissue system . لقد حاول علماء التشريح تصنيف انواع الخلايا الى مجاميع وأنسجة ووضعوا لذلك عدة انظمة بالاستناد الى واحد أو أكثر من الأسس التالية :

أ ـ موقع النسيج في الجسم النباتي .
ب ـ تركيب الوحدات التي يتألف منها النسيج .
جـ ـ وظيفة النسيج .
د ـ أصل نشوء خلايا النسيج ومرحلة نمو هذه الخلايا .

فمثلاً قسمت الأنسجة النباتية استناداً الى مرحلة نموها الى الانسجة المرستيمية Meristematic tissues أو المولدة ، والأنسجة البالغة أو الدائمة Mature or Permanent tissues . كما قسمت مجاميع الخلايا المكونة نسيج استناداً الى مدى التباين بين خلاياها الى أنسجة بسيطة **Simple tissues** . وهي تلك التي لاتظهر بين خلاياها فروق أساسية كالنسيج البرنكيمي Parenchyma tissue والكولنكيمي Collenchyma tissue والنسيج الفليني Cork tissue ، والى انسجة معقدة Complex tissues يتألف كل منها من نوعين أو أكثر من الخلايا كاللحاء Phloem والخشب Xylem . ولايفوتنا أن نذكر الأنظمة النسيجية التي تمثل مرتبة أعلى من التعقيد النسيجي . وقد يجابه عالم التشريح بعض الصعوبات في وضع حد فاصل بين نوع أو آخر من الانسجة نظراً لما قد يوجد بين مكونات النسيج من تداخل في بعض الصفات . ومن المفيد

أن نذكر هنا تقسيماً اتبع كثيراً في السابق وهو تقسيم ساكس **Julies Von Sachs** الذي افترض أن التطور النشوئي للنباتات الراقية من نباتات بسيطة متعددة الخلايا قد واكبه تميز الى طبقة سطحية خارجية **Dermal** تليها كتلة من الانسجة الداخلية **Fundamental** التي بدورها تحتوي على أشرطة من خلايا خاصة وعائية **Vascular** وقد اطلق عليها ساكس مصطلح الانظمة النسيجية حيث اكد على أن النباتات على الرغم من اختلافها مورفولوجياً وتشريحياً إلا أنها تتميز في كونها جميعاً مؤلفة من ثلاثة أنظمة نسيجية رئيسية وهي النظام النسيجي الضام **Dermal tissue system** والنظام النسيجي الأساسي **Fundamental tissue system** والنظام النسيجي الوعائي **Vascular tissue system** وسيرد شرح ذلك تفصيلاً في الفصل الخامس.

اعضاء الجسم النباتي The organs of the plant body

١ ـ الجذر The Root

يقوم الجذر بتثبيت النبتة في التربة وامتصاص الماء والاملاح وخزن المواد الغذائية في كثير من الاحيان حيث يبدو في الحالة الاخيرة متضخماً بأشكال مختلفة. يضمحل الجذر الناشيء من الجذير **Radicle** في معظم ذوات الفلقة الواحدة وتنشأ بدله من قاعدة الساق مجموعة من الجذور العرضية **Adventitious roots** وقد تتفرع وتكوّن هذه الجذور مايدعى بالمجموع أو النظام الجذري الليفي **Fibrous root system** الذي هو من خواص ذوات الفلقة الواحدة، ويمكن ملاحظة ذلك بوضوح في الرز **Oryza sativa** مثلاً. اما في ذوات الفلقتين فيستمر نمو الجذير ويبقى هو الجذر الرئيسي الذي يمثل الجذر الابتدائي للنبات **Primary root**. وتتفرع من الجذر الابتدائي فروع جانبية لا تلبث ان تتفرع هي الاخرى مرة أثر مرّة ويطلق عليها مجتمعة مصطلح الجذور الثانوية **Secondary roots**. ويدعى هذا النظام للجذر بالنظام الجذري الوتدي **Tap root system** المميز لنباتات ذوات الفلقتين وعاريات البذور.

تبدأ تفرعات الجذر في منطقة النضوج **Region of maturation** ويتكون الجذر في هذه المنطقة من عدة طبقات هي، ابتداءاً من الخارج نحو المركز، طبقة البشرة **Epidermis** التي هي نسيج واقٍ مكون من طبقة واحدة من الخلايا المرصوفة والمتراصة وهي خالية من الكيوتكل **Cuticle** بغية تسهيل عملية الامتصاص. تلي البشرة منطقة كثيفة نوعاً ما تدعى بالقشرة **Cortex** مكونة من خلايا برنكيمية **Parenchyma cells** محدودة التميز وذات مسافات بينية

واضحة ، علماً بأن الطبقة الاخيرة من خلايا القشرة غالباً ماتتميز بشكل صف مفرد من الخلايا تدعى القشرة الداخلية **Endodermis** . ومما تجدر الاشارة اليه ان قشرة الجذر تخلو من الخلايا الكولنكيمية **Collenchyma cells** كما تخلو من الخلايا الكلورنكيمية **Chlorenchyma cells** الحاوية على البلاستيدات الخضر . ويطلق على ماتبقى من أنسجة الجذر الواقعة داخل القشرة الداخلية مصطلح الاسطوانة المركزية **Central cylinder** . وتشمل الاخيرة الدائرة المحيطية **Pericycle** والاسطوانة الوعائية **Vascular cylinder** بما في ذلك اللب **Pith** في حالة وجوده . وتلعب الدائرة المحيطية دوراً مهم في نشوء الجذور الجانبية (الثانوية) كما وينشأ منها جزء من الكامبيون الوعائي **Vascalur Cylinder** اضافة الى الكامبيوم الفليني **Cork cambium** الذي ينشأ في الجذر من هذه الطبقة .

يظهر في النباتات التي يحصل فيها تسمك أو نمو ثانوي نسيج مرستيمي ثانوي بشكل اسطوانة متصلة في الغالب تحيط بالخشب يدعى الكامبيوم الوعائي **Vascular cambium** . ففي الوقت الذي يكون فيه المرستيم القمي مسؤولاً عن النمو والاتساع الطولي **Linear growth** للاعضاء النباتية ، يكون الكامبيوم الوعائي مسؤولاً عن النمو القطري **Radial growth** الذي يزيد في تسمك هذه الاعضاء ، وذلك عن طريق اضافة خشب ثانوي **Secondary xylem** الى الداخل ولحاء ثانوي **Secondary phloem** الى الخارج مما يسبب الزيادة القطرية في الجذور التي يحصل فيها نمو ثانوي ، او الاعضاء الاخرى التي يحصل فيها مثل هذا النمو .

٢ ــ الساق **The stem**

تتميز السيقان بصورة عامة عن الجذور بوجود العقد **Nodes** والسلاميات **Internodes** والاوراق **Leaves** والبراعم **Buds** والملحقات الاخرى كالحراشف **Scales** . وتتباين السيقان في اشكالها وحجومها وغير ذلك بما يتلاءم ووظائفها والبيئة التي تعيش فيها . فمن السيقان المحورة الابصال **Bulbs** والدرنات **Tubers** والرايزومات **Rhizomes** والسيقان الغضة **Succulent** والسيقان الشوكية وغيرها . وكما تتميز السيقان في مظهرها الخارجي فإنها تتميز كذلك في تشريحها الداخلي . تقوم الساق بحمل الاوراق وتعريضها لأشعة الشمس والهواء بالطريقة الملائمة لنوع النبات ومعيشته . تنتهي قمم الساق بالمرستيمات القمية الساقية التي تنقسم خلاياها معطية مشتقات تندفع نحو الاسفل وتندفع هي بالاتجاه المعاكس للجاذبية الارضية عادة . هذا وتقوم الساق بتوصيل الماء والمواد المذابة فيه وكذلك

الغذاء من والى أعضاء النبات المختلفة . وتقوم بعض السيقان بخزن الغذاء كما في الكلم **Brassiea olearaceae** var. **gongyldes** ، وخزن الماء كما في الصبير او التين الشوكي **Opuntia** . وتقوم السيقان الفتية بعملية التركيب الضوئي بسبب احتواء خلايا الطبقات الخارجية من قشرتها على بلاستيدات خضراء Chloroplasts بوفرة .

تتميز القمة النامية للساق بعدم انتظامها بسبب وجود الاصول أو البادئات الورقية Leaf primordia والبادئات البرعمية Budprimordia وهي لاتغلف بقلنسوة ، وغالباً ماتغلف هذه القمم عندما تكون في البراعم بأوراق حرشفية محورة أو شعيرات لحماية المرستيمات القمية . عند فحص قطاع مستعرض للساق على مسافة أسفل القمة النامية أو في منطقة النضوج يمكن تمييز الانسجة التالية من الخارج نحو المركز . نسيج البشرة Epidermis المغطاة بالكيوتين Cutin التي هي مادة مقاومة جداً وذات طبيعة دهنية شمعية اما ان تتخلل جدران خلايا البشرة ، او تكون بهيئة طبقة مستمرة يطلق عليها الادمة Cuticle التي تشكل الطبقة السطحية الشمعية التي تغطي بشرة السيقان الفتية والاوراق . ويختلف سمك طبقة الادمة باختلاف الظروف البيئية للنبات . وهذه الادمة غير منفذة للماء والغازات لذا يتم تبادل الغازات وتبخر الماء عن طريق الثغور Stomata التي ستوصف في مكان آخر من هذا الكتاب . وغالباً مايعلو الكيوتكل مختلف أنواع الملحقات المشتقة من البشرة Indumentum . تلي البشرة الى الداخل طبقة القشرة Cortex التي تضم انواعاً مختلفة من الانسجة تتباين في المواقع والوظائف أهمها النسيج البرنكيمي Parenchyma والكولنكيمي Collenchyma والسكلرنكيمي Sclerenchyma . يقوم النسيج البرنيكمي بعملية الخزن ، كما يقوم بعملية التركيب الضوئي Photosythesis في حالة احتوائه على بلاستيدات خضر حيث يطلق عليه في الحالة الاخيرة النسيج الاخضر Chlorenchyma . اما النسيجان الكولنكيمي والسكلرنكيمي فيقومان بوظيفية دعامية Support بسبب تثخن جدران خلاياهما وذلك بطريقة تنسجم مع الوظيفة التي يؤديها كل منهما .

وتجدر الاشارة الى ان منطقة القشرة تكون في الساق أضيق منها في الجذر كما أنها تخلو عادة من القشرة الداخلية Endedermis وفي حالة تميز الطبقة الداخلية لقشرة الساق عن باقي الطبقات فيطلق عليها عندئذٍ مصطلح الغلاف النشوي Starch sheeth .

تقع الاسطوانة المركزية الى الداخل من القشرة وتضم الانسجة الوعائية ،وتكون الانسجة الوعائية منتظمة بشكل عام بهيئة اشرطة Strands في الاجزاء الفتية للساق تدعى الحزم الوعائية Vascular bundles . تترتب الحزم الوعائية في

سيقان ذوات الفلقتين في حلقة واحدة عادة تفصل بين القشرة واللب ، أما في ذوات الفلقة الواحدة فتنتشر الحزم بصورة عشوائية مما لا يتم معه تميز النظام النسيجي الاساسي هذا الى قشرة ولب . وتتميز الحزم الوعائية في ذوات الفلقة الواحدة بكونها مغلقة Closed لخلوها من الكامبيوم الحزمي بينما تكون الحزم الوعائية في ذوات الفلقتين من النوع المفتوح Opened vascular bundle لاحتوائها على الكامبيوم الحزمي Fascicular cambium .

لدى حصول النمو الثانوي تتهشم البشرة فيعوض عنها بطبقة البشرة المحيطة Periderm التي تمثل النظام النسيجي الضام الثانوي . وتتألف البشرة المحيطة من ثلاث طبقات هي من الخارج الى الداخل الفلين Phellem والكامبيوم الفيليني Phellogen والقشرة الثانوية Phelloderm . وتتميز البشرة المحيطة بكونها خارجية المنشأ Exogenous في الساق لنشوئها من المناطق الخارجية للقشرة أو من البشرة بينما تكون داخلية المنشأ Endogenous في الجذر لكونها تنشأ في الاخير من الدائرة المحيطة Pericycle . وبسبب تكون طبقة الفلين غير المنفذة للسوائل والغازات فإن البشرة الثانوية تمتلك العديسات Lenticels لتقوم مقام الثغور في عملية التبادل الغازي .

٣ ـ الورقة The leaf

تتميز الورقة في النباتات الزهرية بوضوحها واتساعها أو انبساطها عادة وكفاءتها في وظيفتها الرئيسية وهي التركيب الضوئي Photosynthesis . تحدث هذه العملية الحيوية المهمة جداً للنباتات وللحياة ككل داخل عضيات orgaelles خلوية خاصة هي البلاستيدات الخضر Chloroplasts التي تحتوي على المادة الخضراء Chlorophyll . والورقة مكيفة تركيبياً ووظيفياً لهذه العملية ، فانبساط نصل الورقة Blade وترتيب الاوراق المعرضة للجو بنظام خاص ومواقع معينة، ورقة النصل الورقي ووجود الثغور كل ذلك يسهل عملية تغلل الاشعة الشمسية الى داخل جميع خلايا الورقة ، ويسهل عملية التبادل الغازي Gas exchange في عمليات التركيب الضوئي والتنفس Respiration والنتح Transpiration . للورقة بشرتان عليا Upper epidermis وسفلى Lower epidermis تحيطان بنسيج برنكيمي متوسط Mesophyll تتخلله حزم وعائية بشكل عروق Veins ذات انظمة خاصة في انتشارها وتفرعاتها في نصل الورقة . غالباً مايتميز للورقة حامل Petiole له اشكال وابعاد مختلفة باختلاف الانواع . وقد يلحق بالورقة اذينات Stipules تتصل بحامل الورقة ، اما اذا امتدت من قاعدة النصل الورقي زوائد جانبية فتسمى هذه الزوائد بالاذينات النصلية Auricles وتكون باشكال

وابعاد مختلفة كذلك . لبشرة الورقة معقدات ثغرية Stomatal Complexes مختلفة الاشكال والانظمة والمواقع والاعداد في الانواع النباتية المختلفة ، وخلايا بشرية اعتيادية Ordinary epidermal Cells . وتتحكم الخلايا الحارسة في فتح وغلق الثغور مما يترتب عليه التحكم في عملية النتح وعمليات التبادل الغازي الاخرى . تنتشر الثغور Stomata على بقية الاعضاء والاجزاء النباتية الفتية المعرضة للضوء وبأنظمة وأعداد وأشكال متغايرة حسب الموقع . فهي توجد على السيقان الفتية وملحقاتها وعلى الأذينات وحوامل الأوراق والأزهار ومختلف الأعضاء الزهرية وملحقاتها ايضاً وعلى الاثمار الفتية كذلك .

يتألف النسيج المتوسط Mesophyll للورقة في ذوات الفلقتين من خلايا حشوية Parencphyma Cells متطاولة متراصة عمودياً على خلايا البشرة وذات اعداد كبيرة من البلاستيدات الخضراء يطلق عليها الخلايا العمادية Palisade Cells . اما بقية الخلايا البرنكيمية في النسيج المتوسط فهي خلايا ذات مسافات بينية واسعة وتكون غير منتظمة الاشكال وذات بلاستيدات أقل كثافة عادة من الخلايا العمادية وتعرف بالخلايا الاسفنجية Spongy cells .

وقد توجد الخلايا العمادية تحت البشرة العليا فقط وهي الحالة الغالبة حيث تدعى الورقة Unifacial leaf أي ذات الوجه المفرد ، أو ان توجد تحت البشرة العليا والسفلى وتدعى الورقة عندئذ ذات الوجهين Bifacial . تقوى الورقة احياناً ببعض الخلايا السميكة الجدران والمتخشبة كالخلايا المتصلبة Sclereids في النسيج المتوسط كما في الاوراق المتصلبة Sclerophylls .

٤ ـ الزهرة The flower

الزهرة هي غصن محور لانجاز وظيفة التكاثر الجنسي في مغطاة البذور Angiosperms أو النباتات الزهرية Anthnophyta . وتنشأ الزهرة وتتكشف من برعم زهري وقد تتكشف من قمة ساقية خضرية Vegetative shoot apex بعد أن تعاني تغيرات معينة وتحت ظروف محددة . وتتألف الزهرة من أوراق غلافية عقمية تتمثل بحلقة أو أكثر تدعى بالغلاف الزهري Perianth ، الخارجية منها تدعى بالأوراق الكاسية Sepals التي يطلق عليها مجتمعة مصطلح الكاس Calyx . وحلقة أو اكثر داخلية تدعى بالأوراق التويجية Petals التي تسمى مجتمعة التويج Coralla . وتكون الاوراق الكأسية خضراء اللون عادة أما الاوراق التويجية فتكون ملونة وجذابة في الغالب . وقد تلحق بالاوراق الغلافية للزهرة ملحقات Appendages مختلفة الاشكال والالوان والمواقع . قد لاتتميز

الاوراق الغلافية بعضها عن البعض الآخر أي أن الحلقة الخارجية والحلقة الداخلية للغلاف الزهري تكون ذات وحدات متشابهة كما في العديد من ازهار ذوات الفلقة الواحدة ، ويطلق على مثل هذه الاوراق التي لاتتميز الى اوراق كاسية ولا الى اوراق تويجية مصطلح Tepals . تسمى الاوراق الغلافية المتشابهة مجتمعة Perigone . للاوراق الغلافية ، سواءاً تميزت الى اوراق كاسية واوراق تويجية أو تشابهت ، اهمية تصنيفية كبيرة في عزل مختلف المراتب التصنيفية خصوصاً العائلات Families والرتب Orders . ولا يفوتنا أن نذكر ان الغلاف الزهري قد يفقد كلياً من الزهرة فتسمى الزهرة حينئذ عارية Naked flower ، أو جزئياً ، كفقدان الحلقة الخارجية أو الحلقة الداخلية ، فتسمى الزهرة بناقصة Incomplete flower ، هذا وقد تتضاعف حلقات الغلاف الزهري فتصبح اكثر من حلقتين كما في نباتات من جنس **Jasminum** الذي تعرف بعض انواعه ياسمين ورازقي .

وللزهرة اوراق محورة أو تراكيب خصبة تمثل الاعضاء الزهرية التكاثرية تقع الى الداخل من الغلاف الزهري الذي يحفظها و يحافظ عليها قبل تفتح الزهرة الخارجية منّها تسمى الاسدية Stamens أو جهاز التذكير Androecium والداخلية التي تحتل مركز الزهرة تمثل الكربلات Carpels أو جهاز التأنيث او المتاع Gynoecium . فالزهرة الكاملة Perfect flower تمتلك الكاس والتويج والاسدية والكربلات ، وقد تغيب واحدة أو اكثر من الحلقات الزهرية فتوصف الزهرة بكونها غير كاملة Inperfect flower ان فقدان أي من الحلقات الخصبة . تتألف السداة النموذجية الحديثة من حامل رفيع عادة يدعى الخويط Filament يحمل تركيباً كيسياً منتفخاً تتكون فيه حبوب اللقاح يدعى المتك Anther . تقع الاسدية في الزهرة الى الداخل من حلقة التويج ولها اعداد واشكال والوان مختلفة باختلاف انواع الازهار وتتألف من دائرة (حلقة) واحدة أو اكثر ، وقد تلحق الاسدية بملحقات مختلفة الاشكال والالوان والمواقع . قد يكون المتاع بسيطاً اذا تكون من كربلة واحدة ، والكربلة هي ورقة سبورية محورة واحدة كتلك التي تمتلكها زهرة البقوليات Legumes ، أما عندما يتألف المتاع من اكثر من كربلة واحدة فيدعى مركباً أن اتحدت هذه الكربلات وكونت مدقة Pistil مركبة واحدة في الزهرة المفردة ، أو أن تكون للزهرة الواحدة مجموعة كربلات بسيطة سائبة تتجمع في مركز الزهرة أي عدة مدقات بسيطة . للمدقة الحديثة سواءاً كانت بسيطة أو مركبة ثلاثة اجزاء عادة ، جزء قاعدة منتفخ يدعى بالمبيض Ovary تتكون فيه البيوض Ovules له ردهة Locule واحدة أو اكثر ، وللردهة الواحدة بيضة واحدة أو اكثر . يعلو المبيض تركيب نحيف اسطواني عادة يدعى

بالقلم Style يمر من خلاله الانبوب اللقاحي Pollen tule النامي بعد عملية التلقيح Pollination واصلاً الى بيوض المبيض ، وينتهي القلم بتركيب قمي متميز عادة يسمى الميسم Stigma له اشكال والوان وتحورات مختلفة مهمة تصنيفياً . يقوم الميسم باستلام حبوب الطلع Pollen التي تتجانس مع سطحه وسائله فقط ، ويساعد السائل الميسمي Stignatic fluid الذي يفرزه الميسم على التصاق هذه الحبوب ونموها عليه مرسلة الانابيب اللقاحية الحاملة للامشاج الذكرية Male gametes عبر القلم الى المبيض ثم البيوض لتتم عملية الاخصاب Fertilization . أما عملية انتقال حبوب الطلع من المتك الى الميسم فتدعى بالتلقيح Pollination . تتم العملية الاخيرة عن طريق الهواء أو الحيوانات أو بطرق اخرى . تتكون البيضة المخصبة Zygote بعد عملية الاخصاب وعند هذه المرحلة تبدأ الكربلات بالنمو وتتكون الثمرة عند نضوج المبيض وتتحول البيوض الى بذور .

بما أن الاوراق والأجزاء الزهرية العقيمة منها والخصبة هي تراكيب ورقية محورة ومتخصصة للزهرة فهي تتخذ نفس الاساس في تراكيبها النسيجية الداخلية فلكل ورقة زهرية محورة بشرتان خارجية وداخلية (تقابل العليا والسفلى في الورقة الخضرية) عدا الاجزاء الاسطوانية وشبه الاسطوانية من الزهرة كالخويط والقلم ، ونسيج متوسط تتخلله عروق أي حزم وعائية . أما تفاصيل بشرة الاجزاء الزهرية وانسجتها الاخرى فتختلف بسبب طبيعة تحور هذه الاجزاء ووظائفها .

الباب الاول
SECTIONT 1

الخلية النباتية
THE PLANT CELL

الفصل الأول : جدار الخلية
الفصل الثاني : المحتويات غير الحية للخلية
الفصل الثالث : المحتويات الحية للخلية النباتية

يختص أحد فروع علوم الحياة بدراسة الخلية من حيث تركيبهـــا وطبيعة مكوناتها وطرق انقسامها والمحتويات المختلفة لها سواء كانت حية protoplasmic أو غير حية mon-protplasmic ويسمى هـــذا الفرع بعلم الخلية Cytology

وفيما يلي شرح موجز لتركيب الخلية النباتية مع التاكيد على تركيب جدار الخلية بالنظر لما لهذا التركيب من أهمية خاصة بالنســبة لتشريح النبات ·

وتعتبر الخلية وحدة التركيب والوظيفة في سائر الكائنات الحية وان كانت هناك حالات خاصة- كما في بعض الطحالب- لايتركب جسم النبات فيها من خلايا وانما يتكون من قنوات متصلة على شكل مدمج خلوي Coenocyte تنتشر الانوية داخله خلال السيتوبلازم دون وجود جدران أو حواجز داخلية· كما ان هناك بعض النباتات الاولية التى يتركب فيها جسم النبات من خلية واحدة تقوم بجميع الوظائف الحيوية ·

وتتركب الخلية النباتية باستثناء بعض الحالات القليلة كالامشاج Gametes من جـــدار يحيط بجزء من البروتوبلازم داخلـــه يسمى بروتوبلاست Protoplast بحيث يمكن اعتبار الخلية مكونة من جزءين رئيسين هما الجدار والبروتوبلاست ·

ويعتبر وجود جدار صلب غير حي حاو على مـــادة السليولوز عادة صفة مميزة للخلايا النباتية حيث ان الخلايا الحيوانية تفتقر لمثل هـــذا الجدار الحقيقي بل تكون محاطة بغلاف أو غشاء بلازمي حي · كمـــا وينعدم الجدار في بعـــض الخلايـــا كخلايـــا السبورات المتحركـــة Motile spores في الطحالب والفطريات، وخلايا الامشاج Gametes

في سائر النباتات . وكذلك في حالة النباتات التي يكون الجسم النباتي فيها كلياً او جزئياً مؤلفاً من مدمج خلوي Coenocyte .

وبالرغم من ان جسم النبات يبدو وكانه مكون من وحدات منفصلة عن بعضها هي الخلايا الا انه قد ثبت ان الخلايا الحية جميعها تكون متصلة فيما بينها بواسطة خيوط بروتوبلازمية دقيقة تمر خلال جدر الخلايا تسمى الروابط البلازمية Plasmodesmata ويعتقد انه عن طريق هذه الروابط تعتبر المادة الحية في جسم النبات وكأنها وحدة مستمرة ومتصلة . لذا فان النظرية الحيوية Organismal theory لا تتفق مع النظرية الخلوية Cell theory في أحد مضامينها الذي يتضمن أن الخلية هي وحدة الوظيفة في الكائنات الحية ، اذ ان النظرية الحيوية ترى ان وحدة الوظيفة تكمن في مجمل المادة الحية للكائن الحي ، وليس في اجزاء بروتوبلازمية منفصل بعضها عن البعض الاخر بهيئة خلايا وهو المضمون الذي تؤكد عليه النظرية الخلوية .

ويحتوى البروتوبلاست على مكونات حية ومكونات غير حية .

وتتركب المكونات الحية للخلية Living cell components مما يأتي :ـ

١ـ السايتوبلازم Cytoplasm
٢ـ النواة Nucleus
٣ـ البلاستيدات Plastids
٤ـ الميتوكوندريا Mitochondria
٥ـ الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum
٦ـ الرايبوسومات Ribosomes
٧ـ الدكتيوسومات Dictyosomes (او اجسام كولجي (Golgi bodies

اما المكونات غير الحية للخلية فتشمل بالاضافة الى الجدار الخلوي :

الفجوة العصارية Vacuole . حبيبات النشا Starch grains الحبيبات البروتينية أو الاليرونية Aleurone grains . والقطرات الزيتية Oil droplets والبلورات Crystals .

الفصل الاول

CHAPTER 1

جـدار الخليـــة

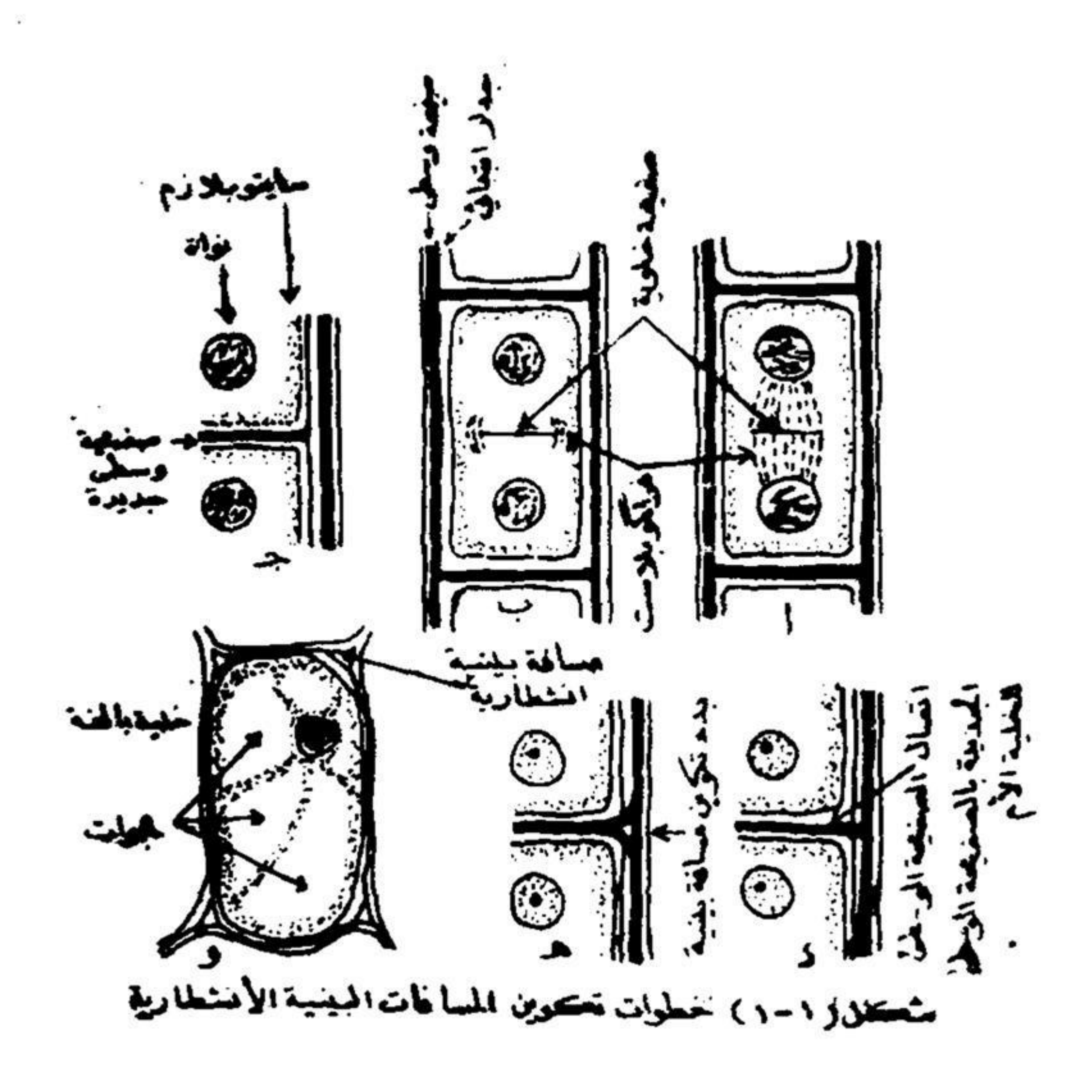
THE CELL WALL

يوصف الجدار في الخلية النباتية بأنه جدار حقيقي ميت يتميـز بوجود مادة السليولوز التى تخلو منها الخلايا غير النباتية ويتكون جدار الخلية نتيجة لنشاط بروتوبلاست الخلية ، ولكنه من اجزائها الميتة فهو طبقة غير حية تحيط بالخلية • أما تمدد الجدار واتساعه اثناء نمو الخلية فلا يعتبر بأي حال من الاحوال دليلا على حيويته فهو في هذه المرحلة مـن عمر الخلية يكون رقيقا وقابلا للتمدد لذا فهو يتسع نتيجـة لازدياد حجم ونمو بروتوبلاست الخلية • ويكون الجدار عند بدء تكوينه رقيقـا للغاية ولكن تحدث له بعد ذلك عدة تغيرات سواء في السمك أو في تركيبه الكيميائي •

ويظهر الجدار الخلوي مباشرة بعد الانقسام بشكل منطقة داكنـة تتكون عند خط استواء المغزل Equator ويطلق عليها اسم فراكموبلاست أو الجسم البرميلي Phragmoplast (شكل ١ ـ ١)

وخلال الفراكموبلاست يظهر الجدار بشكل صفيحة رقيقة تسمى الصفيحة الخلوية Cell plate تكون في البداية في وضع مركزي ثم تمتد تدريجيا نحو الخارج Centrifugal الى أن تصل الى جدار الخلية الام ، وتسمى حينئذ بالصفيحة الوسطى Middle lamella وتتكون الصفيحة الوسطى أساسا من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم •

ويقوم بعد ذلك البروتوبلاست بترسيب غشاءين رقيقين على جهتي الصفيحة الوسطى يكونان مايسمى الجدار الابتدائي Primary cell wall وعندما تصل الخلية الى كامل نضجها قد يندمج الجدار الابتدائي



شكل (١-١) خطوات تكوين المسافات البينية الأنشطارية

بالصفيحة الوسطى فيطلق عليه عندئذ اسم الصفيحة الوسطى المركبة Compound middle lamella وللتمييز بين الصفيحة الوسطى المتكونة أصلا والمتميزة عن الجدار الابتدائي وتلك التى اندمجت مع الجدار الابتدائي فقد استعمل لفظ الصفيحة الوسطى البسيطة Simple middle lamella للاولى والصفيحة الوسطى المركبة Compound middle lamella للثانية وتكون الصفيحة الوسطى المركبة في هذه الحالة ثلاثية الطبقة 3-layered.

وفي حالات كثيرة يحدث تغلظ اخر يضاف الى الجدار وذلك بعد وصول الخلية الى كامل نضجها هذا التغلظ يكون جداراً آخر فوق الجدار الابتدائي يعرف بالجدار الثانوي Secondary cell wall الذي يتكون في بعض الخلايا النباتية .

وقد يبدو الجدار الثانوي متميزا بسهولة عن الجدار الابتدائي أو عن الصفيحة الوسطى المركبة الا انه في بعض الحالات يندمج الجـــدار الثانوي بالجدار الابتدائي ولايمكن تمييزه عنه وعندئذ يمكن ان يطلق اسم الصفيحة الوسطى المركبة على الجدارين معاً اضافة الى الصفيحة الوسطى وتصبح الصفيحة الوسطى المركبة في هذه الحالة خُماسية الطبقة 5-layered .

طبقـــات الجـــدار Wall Layers

يتميز جدار الخلية النباتية في كثير من الاحيان الى طبقات يختلف بعضهـا عن بعض في كثـير من الوجوه بما في ذلـك الـتركيـب الكيميـاوي. نســبة الماء وبعـض الصفات الفيزيائيـــة كتأثـير الضوء المسـتقطب Polarized light عليها ٠

وعلى هذه الاسس يمكن تمييز الطبقات التالية في الجدار الخلوي :ـ

١ ـ الصفيحة الوسطى Middle Lamella

ويطلق عليها ايضا المادة البينية Intercellular substance التى تقوم بربط الجدارين الابتدائيين المتصلين بها ٠٠ وتتركب الصفيحة الوسطى بشكل أساس من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم الا انها قد تحتوى على مواد اخرى مثل اللكنين كما في العناصر الناقلة في الخشب ٠ وتبعـــا لتأثيرها على الضـــوء المستقطب Polarized light توصف الصفيحة الوسطى بكونها غير فعالة ضوئيا Optically inactive أو متجانســـة isotropic

٢ ـ الجدار الابتدائي Primary Cell Wall

يمثل الجدار الابتدائي أول جزء من الجـــدار يضاف من قبـــل البروتوبلاست على الصفيحة الوسطى وتحصل اضافته في المراحل التى تكون

فيها الخلايا لا زالت في حالة نمو في السطح وفي الحجم ٠ ويتكون الجدار الابتدائي من مواد بكتية Pectic substances وسليولوز ومواد غير سليلوزية متعددة السكريات Non-cellulosic polysaccharides ومواد اخرى ٠

وبالنظر لوجود مادة السليولوز في الجدار الابتدائي فانــه يوصف بكونه فعال ضوئيا optically active أو غـير متجانس ضوئيـــا Anisotropic وذلك بسبب وجود ألياف السليلوز مرتبة بشـــكل منسق (شكل ١ـ٢) مما يؤدي الى انحراف الضوء المستقطب عند مروره خلالها ٠

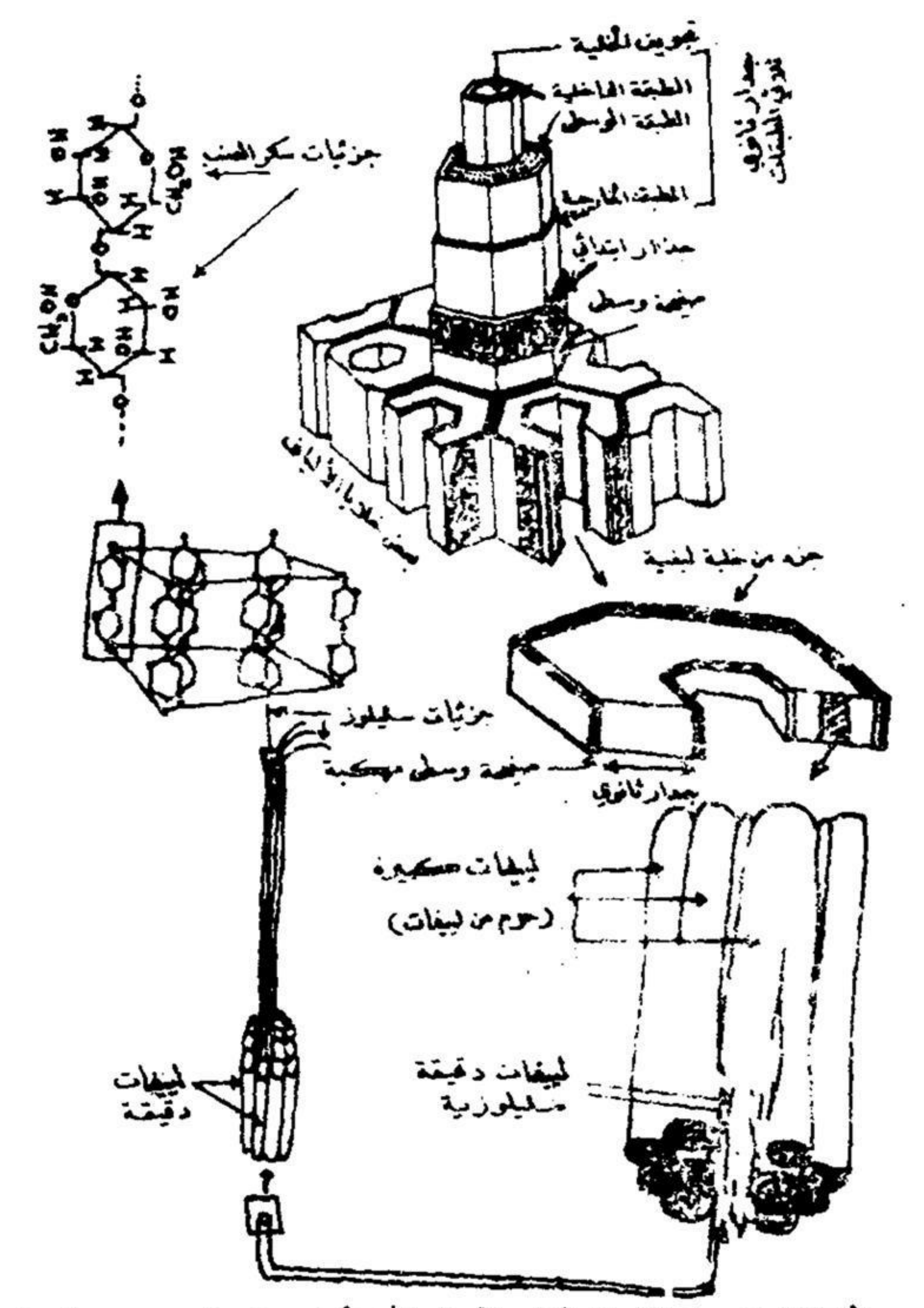
لقـــد أظهرت الدراسات بالمجهر الالكتروني أن السليلوز في الجدار يكون على هيئة حزم من لييفات يطلق عليها اللييفات الكبيرة Macrofibrils وتتكون الاخيرة بدورها من مجموعة من وحدات اصغر يطلق على كل منها لييفة دقيقة Microfibril ٠ وفي السليلوز المتبلور Crystalline cellulose تكون اللييفات الدقيقة متوازية مع بعضها ، غير أنهـــا لا تكون كذلك في السليلوز غير المتبلور ٠

وفي الجدار الابتدائي للخلايا التى تميل للاستطالة يكون اتجـــاه اللييفات الدقيقة بصورة مستعرضة ، اما في الخلايا التى تميل الى الشكل الكروي فتكون اللييفات على هيئة شبكة متداخلة ممـــا يقلل من فاعليتها في حرف الضوء المستقطب ٠ اما في الجدران الثانوية فتكون اللييفات الدقيقة متوازية ومائلة على اتجاه المحور الطولي ٠ كما انها تختلف عادة في الطبقات المختلفة للجدار الثانوي ٠

وتتألف كل لييفة دقيقة من حزمة من الوحدات ، تمثل كل وحـــدة سلسلة من جزيئات السليلوز (شكل ١ـ٢) ٠

ان نسبة السليلوز المتبلور crystalline cellulose في الجدار الابتدائي تكون قليلة مقارنة مع السليلوز غير المتبلور Amorphous cellulose

لذا تكون طبيعته مرنة ، بينما تزداد نسبة السليلوز المتبلور في الجدار الثانوي حتى قد تصل الى ٩٠٪ من مجموع السليلوز .



شكل (١-ج) تفاصيل طبقات الجدار في الألياف على مختلف مستويات التنظيم

وعلى نفس الاساس تعتبر الصفيحة الوسطى متجانسة ضوئيـــا

isotropic أو غير فعالة ضوئيا Optically inactive وذلك لكونها مكونة من مادة البكتات التى ليس لها صفات بلورية كما هى الحال في تناسق جزيئات الكلوكوز في مادة السليلوز لذا فلا يحصل انحراف للضوء المستقطب عند مروره خلالها ٠

ويوجد الجدار الابتدائي في سائر الخلايا النباتية وقد يبقى هو الجدار الوحيد في الخلية كما في حالة الخلايا المرستيمية Meristematic cells ومعظم الخلايا البرانكيمية Parenchyma والخلايا الكولنكيمية collenchyma ومعظم خلايا البشرة Epidermis

ويتميز الجدار الابتدائي بكونه يحيط عادة بخلايا تبقى حية وفعالة بعد النضج وذلك عندما يبقى هو الجدار الوحيد بالخلية ٠ كما أنه يتميز بانه رقيق نسبيا الا في حالات خاصة ٠ وعند وجود تراكيب شبيهة بالنقر في الجدار الابتدائي ، يطلق عليها حقول النقر الابتدائية ٠ Primary pit fields

الجدار الثانوي Secondary Cell Wall

وهو الجدار الذى يضاف على الجدار الابتدائي في بعض أنواع من الخلايا وذلك بعد اكتمال النمو السطحي والحجمي للخلية ، اي أن تكوين الجدار الثانوي يبدأ بعد وصول الخلية الى حجمها النهائي ٠ كما انه يتميز بكونه يزيد في سمك الجدار بصورة مطردة دون ان يحدث زيادة في سطح الجدار ٠

والمواد التى تدخل في تركيب الجدار الثانوي تتكون من السليلوز cellulose الذى يؤلف في الغالب الجزء الاكبر من الجدار والسكريات المتعددة غير السليلوزية noncellulosic polysaccharides هذا بالاضافة الى مواد اخرى مثل اللكنين lignin والسوبرين Suberin ويتميز الجدار الثانوي بخلوه من المواد البكتيه الحقيقية True pectic substances

ويوصف الجدار الثانوي عادة بانه مرّ بتغيرات غير عكسية

في السمك وفي التركيب الكيميائي خلافا لما Irreversible changes يحدث بالجدار الابتدائي حيث يمكن ان يتغير سمك الجدار أو تركيبه الكيميائي ، لذا توصف التغيرات الحاصلة في الجدار الابتدائي بكونها قابلة للانعكاس Reversible .

وغالبا ما يكون الجدار الثانوي مقترنا بخلايا تموت بعد تمام نضجها خلافا لما عليه الحال في الجدار الابتدائي •

ويتميز الجدار الثانوي في كثير من الاحيان الى طبقات متميزة كيميائيا وفيزيائيا ويمكن في أحيان كثيرة ملاحظة هذه الطبقات عند فحص الجدار مجهريا بواسطة المجهر المركب الاعتيادي ، كما انها تختلف عن بعضها في اتجاه اللييفات الدقيقة عند فحصها بالمجهر الالكتروني •

والجدار الثانوي – وكذا الجدار الابتدائي – يتم تكوينهما والبروتوبلاست مازال حيا •• اما اذا فقدت الخلية حيويتها فلا يمكن حدوث اية زيادة في سمك الجدار ولا في تركيبه الكيميائي عادة . لذا توصف التغيرات التي تحصل في الجدار الثانوي بكونها غير عكسية Irreversible .

وخلافا لما عليه الحال في الجدار الابتدائي فان الجدار الثانوي يقتصر وجوده على أنسجة وخلايا معينة حيث يوجد في :–

١– العناصر الناقلة في الخشب Tracheary elements كالاوعية Vessels والقصيبات Tracheids

٢– النسيج السكلرنكيمي Sclerenchyma كالالياف fibres والخلايا الصخرية Stone cells

٣– بعض الخلايا البارنكيمية كتلك التى في نسيج الخشب •

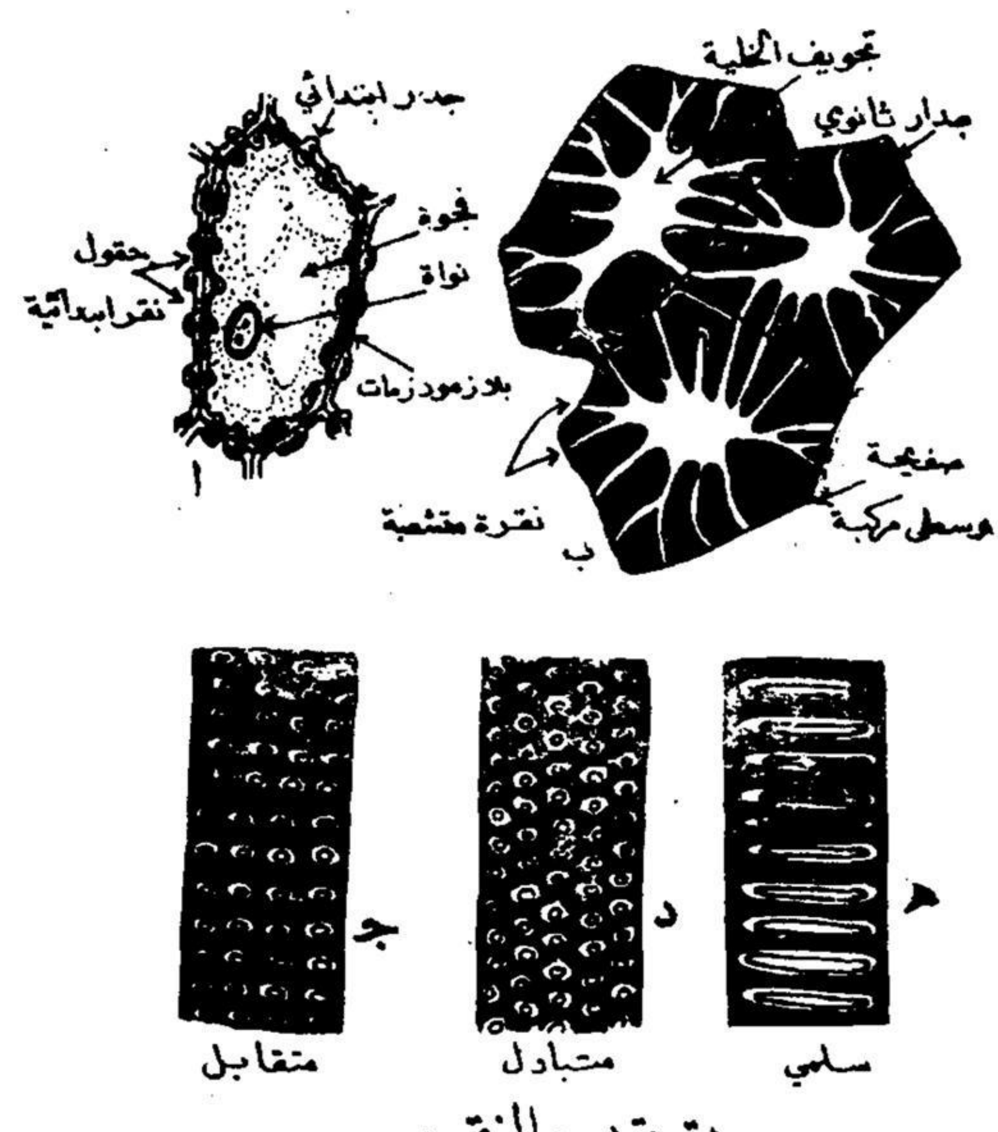
٤– النسيج الفليني cork .

٥– في بعض طبقات البشرة كتلك التى في الصنوبريات والنباتات دائمة الخضرة وخلايا الفيلامين Velamen الموجودة في الاوركيدات (السحلبيات) Orchids ، والتى تمثل بشرة مركبة تحاط خلاياها بجدران ثانوية ، وهي موجودة في الجذور الهوائية لهذه النباتات •

النقــر PITS

تنشأ النقر في بادىء الامر على هيئة ما يسمى بحقول النقر الابتدائية

Primary Pit Fields (شكل ١ـ٣) والتى تظهر بالجدار الابتدائي عند تمدده نتيجة نمو البروتوبلاست وزيادته في الحجم ويزداد وضوحها



شكل (١-٣) بعض أنواع النقر وترتيبها

أ- حقول النقر الأبتدائية من بشرة ورقة حرشفية للبصل .
ب- النقر المتشعبة في الخلايا الصخرية لثمار الكمثرى .
ج ، د ، هـ ، أنواع من ترتيب النقر .

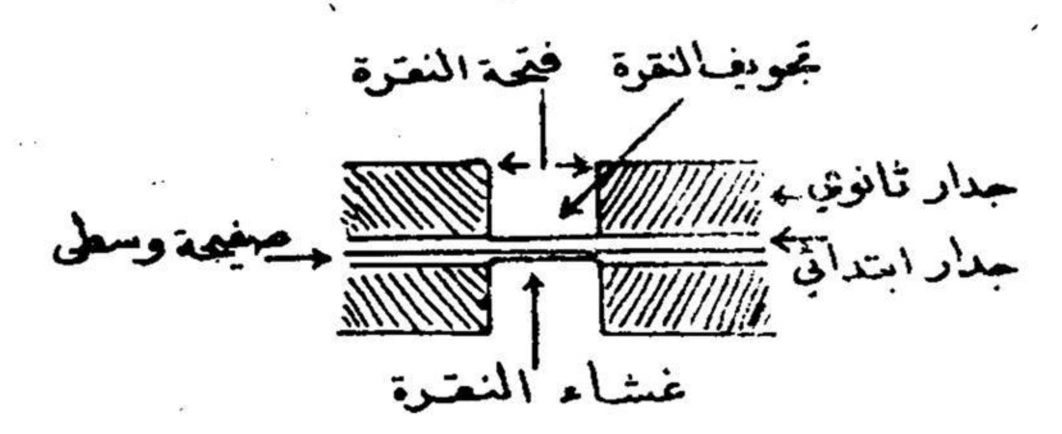
بازدياد الجدار الابتدائي في السمك ، حيث تمثل هذه الحقول مناطق رقيقة

في الجدار الابتدائي • وعندما يتكون الجدار الثانوي تظهر النقر بشكل واضح على هيئة تجاويف أو انخفاضات •• وعادة تظهر هذه النقر متقابلة في الخلايا المتجاورة ويفصلهما عن بعضهما غشاء رقيق يتألف أساسا من الصفيحة الوسطى • ويسمى التجويف في هذه الحالة بتجويف النقرة Pit cavity ويسمى الغشاء الذى يفصل بينهما بغشاء النقرة Pit membrane • وبعبارة اخرى فان النقرة تتميز فيها التراكيب الاتية (شكل ١ـ٤) :

١ ـ غشاء النقرة Pit membrane المكون من الصفيحة الوسطى وقسم رقيق من الجدار الابتدائي :

٢ـ تجويف النقرة Pit cavity يقع بين الغشاء وتجويف الخلية

٣ـ فتحة النقرة Pit aperture وهى الفتحة الموجودة في نهاية تجويف النقرة عند التقائه مع تجويف الخلية Cell lumen



شكل (١ـ٤) تركيب النقرة البسيطة . زوج نقري بسيط يوضح الأجزاء المختلفة للنقرة

انواع النقر Types of Pits

يمكن تمييز الانواع المختلفة من النقر الى ما يأتي :

١ـ حقول النقر الابتدائية Primary Pit Fields

وهذه تظهر بالجدار الابتدائي عند تمدده نتيجة نمو البروتوبلاست

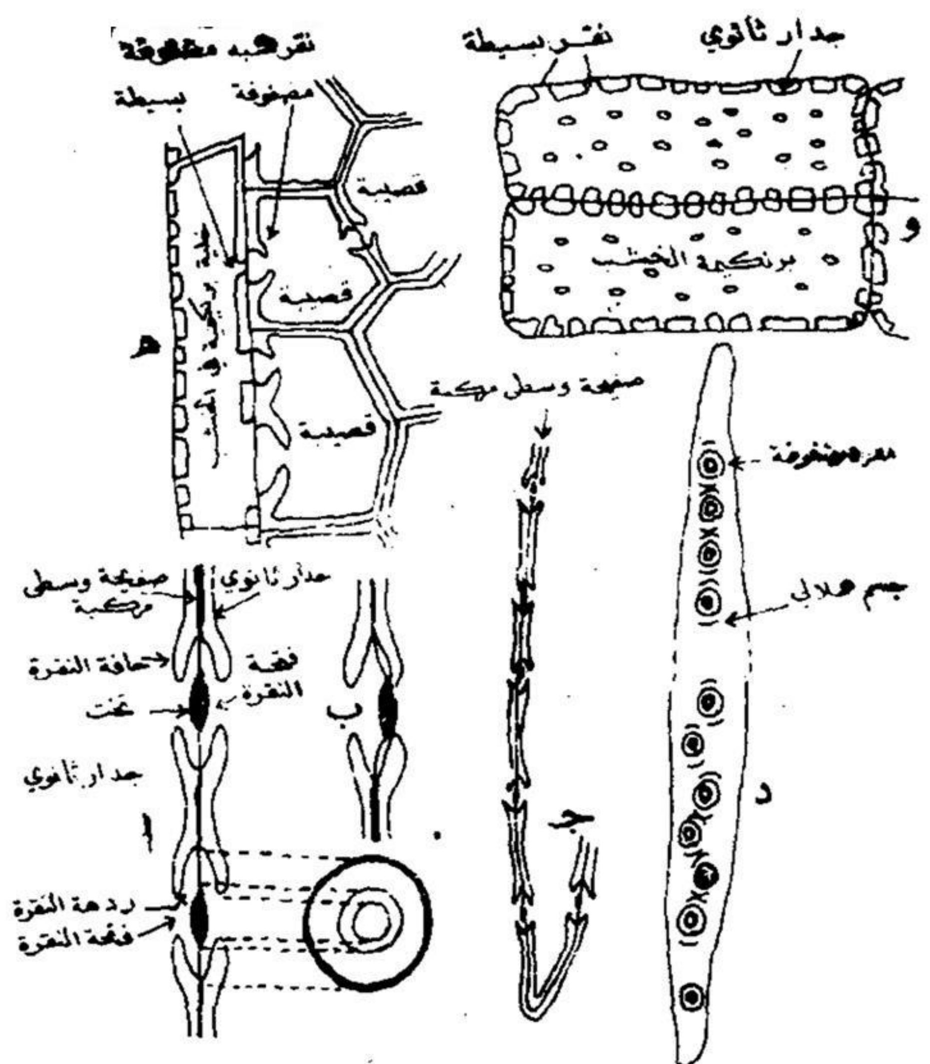
وزيادته في الحجم ويزداد ظهورها بازدياد سمك الجدار (شكل ١ـ٣أ)٠
وتبدو حقول النقر الابتدائية في المنظر الجانبي بما يشبه المسبحة حيث
يتكون الجدار الابتدائي من مناطق رقيقة تمثل حقول النقر الابتدائية
ومناطق سميكة على التوالى ٠ وهذه الحقول تظهر بشكل واضح في الخلايا
الحية التى لم تتغلظ بعد بجدار ثانوي ٠ وتتميز هـــذه الحقول بوجود
روابط بلازمية Plasmodesmata تمر خلالها ٠

٢ ـ النقر البسيطة Simple Pits

يعتبر وجود النقر مميزا للجدران الثانوية ، فان كانت هذه النقر
ذات قطر متجانس تقريبا خلال الجدار أطلق عليها اسم النقر البســيطة
وتتميز بها التراكيب السابق ذكرها وهى الفتحة والتجويف والغشاء ٠
وتوجد النقر البسيطة في بعض الخلايا البرنكيمية المحتوية على جـدار
ثانوي كما انها موجودة في كثير من العناصر الناقلة في الخشب بالاضافة
الى وجودها في الالياف وفي أنواع اخرى من الخلايا ٠

٣ ـ النقر المضفوفة Bordered Pits

وهى التى ينفصل فيها الجدار الثانوي عن غشاء النقرة ويمتد الى
داخل الخليـــة متدرجا في الرقة ومكونا ما يعــرف بالضفة Border
(شكل ١ـ٥) ولا تلتقى حواف الضفة في الوسط بل تظل متباعدة لتكون
فتحة مركزية هى فتحة النقرة ٠ كما ان غشاء النقرة قد لا يظل رقيقا
بل يتغلظ في الوسط مكونا مايسمى بالتخت Torus ويتخلف مابين الضفة
وغشاء النقرة فراغ يعرف بغرفة النقرة Pit chamber أو الردهة ٠
ويكون قطر التخت اكبر قليلا من قطر فتحة النقرة ٠ ويتكون التخت من
مواد جدارية ابتدائية ٠ وباستثناء بعض الحالات الشـــاذة فان وجود
التخت في النقر المضفوفة يعتبر صفة مميزة للنباتات التالية :ـ



شكل (١-٥) بعض أنواع النقر والتشكيلات النقرية في خشب الصنوبر

أ- زوج نقري مضفوف الوجهين في مقطع طولي مماسي.

ب- نقرة مرتشفة.

جـ- جزء من قصيبة يظهر أزواج النقر المضفوفة في مقطع طولي مماسي.

د- قصيبة تظهر فيها النقر المضفوفة في المظهر السطحي.

هـ- نقر بسيطة مضفوفة وشبه مضفوفة كما تظهر في المقطع المستعرض للخشب

و- نقر بسيطة في المظهر الجانبي والسطحي لخلايا برنكيمة الخشب (من نسيج مكثف)

١ ـ رتبة الصنوبريات Coniferales

٢ ـ رتبة العلديات Gnetales

٣ ـ رتبة الجنكوالات Ginkgoales

وجميعها من عاريات البذور.

ومما تجدر الاشارة اليه أنه حتى في نباتات هذه الرتب فان وجود

التخت يكون مقتصرا على النقر مضفوفة الوجهين Bordered pit pairs ولا وجود له في النقر نصف المضفوفة ٠

٤ ـ النقر المتشعبة أو القنوية Ramiform or Branched Pits

تظهر هذه النقر عندما يزداد سمك الجدار زيادة كبيرة فان النقر تصبح عميقة وتتخذ شكل قنوات تصل مابين تجويف الخلية وسطحها ٠ وكثيرا ماتكون هذه القنوات متشعبة كما هي الحال في الخلايا الحجرية Brachysclereids (stone cells) الموجودة بثمار العرموط ٠

اقتران النقر Pit Combination

غالبا ما تقترن النقر الموجودة على جانب من الجدار بواحدة أو أكثر من النقر المماثلة أو المغايرة لها على الجانب الاخر ويطلق على النقرتين المقترنتين معا مصطلح الزوج النقري Pit pair ٠ وفيما يلي أهم التشكيلات الناتجة عن اقتران النقر :

١ ـ الزوج النقري البسيط Simple pit pair وفيه تقترن نقرة بسيطة على جانب من الجدار باخرى مماثلة على الجانب الاخر كتلك الموجودة في الخلايا البرنكيمية ذات الجدران الثانوية ٠

٢ ـ الزوج النقري المضفوف Bordered pit pair وفيه تقترن نقرة مضفوفة على جانب من الجدار باخرى مماثلة على الجانب الاخر ٠ ويمكن ملاحظة ذلك في الجدران الفاصلة بين عنصرين ناقلين من عناصر الخشب ٠

٣ ـ الزوج النقري نصف المضفوف Half-bordered pit-pair أو Semi-bordered pit-pair (شكل ١ـ٥ هـ) وفيه تقترن نقرة مضفوفة على جانب من الجدار باخرى بسيطة على الجانب الاخر ٠ يلاحظ ذلك في الجدران الفاصلة بين عنصر ناقل من

عناصر الخشب (قصيبة أو وعاء) وبين خلية برنكيمية حيث تكون النقر المضفوفة على جانب القصيبة أو الوعاء ، والنقرة البسيطة على جانب الخلية البرنكيمية ·

٤ ـ التنقر مركب الجانب Unilaterally compound pitting وفيه تقترن نقرة واحدة في جانب من الجدار باكثر من نقرة في الجانب الاخر ·

٥ ـ النقرة العمياء Blind pit وفيها تكون النقرة الموجودة على جانب من الجدار غير مقترنة باخرى في الجانب الاخر ، كما في النقر التى تقابلها مسافة بينية . أو التى تتكون في الجدران الفاصلة بين القصيبات والالياف . اذ أن النقرة الموجودة على الجانب المواجه لتجويف خلية القصيبة لاتقابلها أية نقرة من جهة الجدار المواجهة للخلية الليفية وذلك لاعتبارات وظيفية .

الروابط البلازميه Plasmodesmata

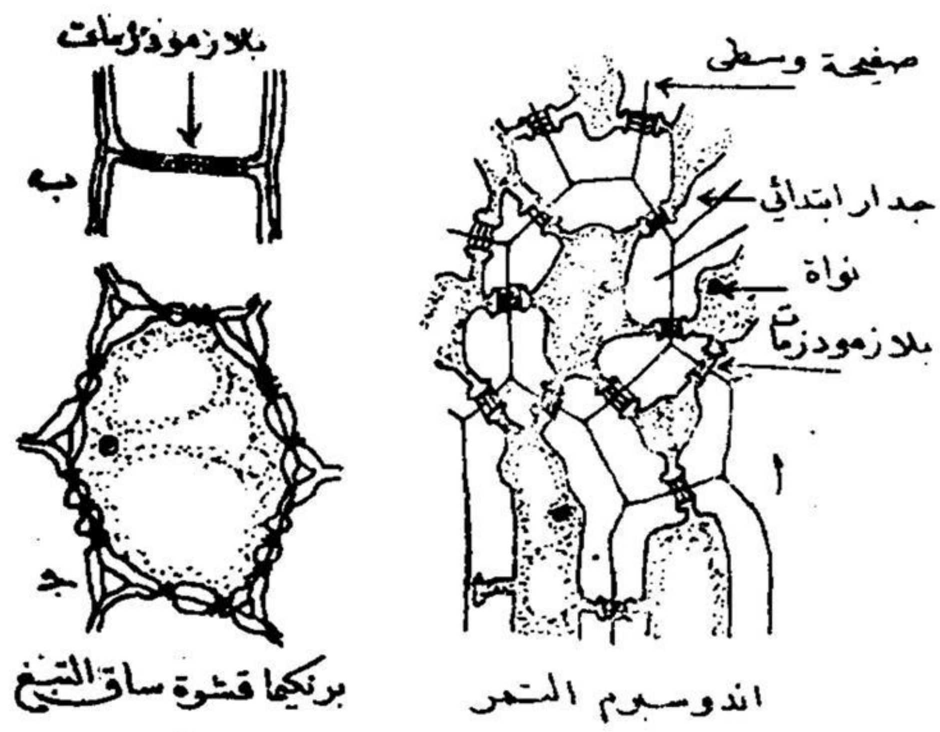
هى خيوط بروتوبلازمية تربط مابين بروتوبلاست خلية وبروتوبلاست خلية مجاورة (شكل ١ـ٦) · وهناك عدة أدلة على أن هذه التراكيب حقيقية حية ذات طبيعة بروتوبلازمية منها :ـ

١ ـ وجودها في جدران الخلايا الحية فقط وعدم وجودها في جدران الخلايا الميتة ·

٢ ـ تتشابه هذه التراكيب مع بقية السايتوبلازم من حيث ميلها للاصطباغ بالصبغات الخاصة بالسايتوبلازم ·

٣ ـ تعطى تفاعلات موجبة مع انزيمات الاكسدة Oxidases كما يفعل السايتوبلازم ·

٤ ـ عند تبلزم الخلية يبتعد السايتوبلازم عن الجدار الا في مناطق معينة من الجدار يبقى فيها السايتوبلازم مرتبطا به وتمثل هذه المناطق موضع مرور الروابط البلازمية · ولو تركت الخلايا في محلول عالي الاسموزية حتى تتقطع هذه الخيوط تحصل بلزمة دائمة Permanent plasmolysis ويتعذر عندها اعادة الخلية الى



شكل (١-٦) انتشار البلازمودزمات في :

أ - ، جـ - يقتصر وجود البلازمودزمات على حقول النقر الابتدائية في ب منتشرة في سائر الجدار

حالتها الطبيعية · أما لو بقيت هذه الخيوط سليمة فعندئذ يمكن ان تعود الخلية الى حالتها الطبيعية وتصبح ممتلئة Turgid وذلك اذا وضعت في الماء النقي أو في محلول واطيء الازموزية Hypotonic وفي هذه الحالة تكون البلزمة مؤقتة Temporary plasmolysis وتوجد الروابط البلازمية في معظم الخلايا مقترنة بالحقول الابتدائية للنقر في الجدار الابتدائي ·

وقد وجدت هذه الروابط في النباتات الراقية كما وجدت في كثير من النباتات الواطئة بما في ذلك السرخسيات Pteridophyta والخرازيات Bryophyta والطحالب الحمر Rhodophyta (Red algae) . كما ثبت وجود هذه الروابط البلازمية في جميع الخلايا الحية فقد لوحظت في الخلايا المرستيمية وفي الانسجة الدائمة الحية ·

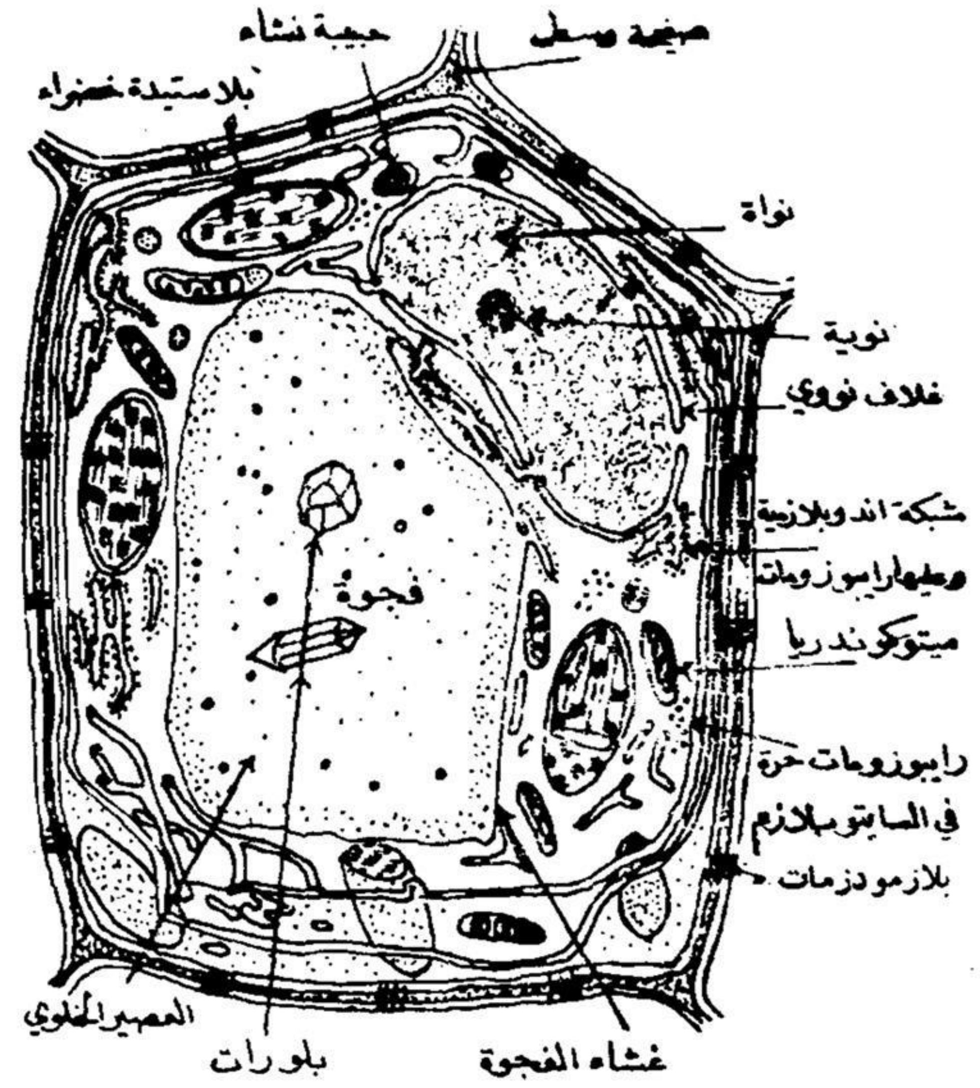
أما بالنسبة لوظيفتها فقد وجد انها تلعب دورا هاما في نقل الماء والمواد الاخرى من بروتوبلاست خلية الى خلية اخرى ·· كما تقوم بنقل الحوافز Impulse بين الخلايا المتجاورة Adjacent cells .

الفصل الثاني
CHAPTER 2
المحتويات غير الحية للخلية النباتية
NON LIVING COMPONENTS OF PLANT CELL

الفجـــوات Vacuoles

تتميز معظم الخلايا الحية في النبات بوجود فجوات تحتوى بداخلهـا على ســائل يطلق عليه العصير الخلــوي cell sap ويفصلها عـن السايتوبلازم غشاء يطلق عليه غشاء الفجوة Vacuole membrane or (Tonoplast) وبالاضافة الى ذلك قد توجد بالفجوة محتويات اخـرى كالبلورات وحبيبات النشا وما الى ذلك مما يعتبر نواتج أيضية أو مواد مختزنة ٠ وغشـــاء الفجوة ذو نفاذية تفاضلية Differentially permeable حيث انه يسمح لبعض المواد بالمرور ولا يسمح لغيرهـــا ٠٠ وهذا الدليل بالاضافة الى أدلة اخرى مستخلصة من استعمال الصبغات أو الدراسات بالمجهر الالكتروني تشير الى أن هذا الغشاء ليس مجرد حد فاصل بين الفجوة والسايتوبلازم بل يمثل غشاءاً حقيقياً . وقد أظهرت الدراسات التي استعمل فيها الجهر الالكتروني ان غشاء الفجوة هو غشاء مفرد Single unit membrane ·

ويختلف عدد الفجوات باختلاف نوع الخلية وعمرها والمنطقة التى توجد بها ٠٠ والعضو الذى توجد به هذه المنطقة ٠ وعلى العمـــوم تكون الفجوات صغيرة جدا ومتعددة في المراحل المبكرة للنمو بينما يكبر حجمها ويقل عددها في الخلية الواحدة بمرور الزمن ٠٠ ففي الخلايا المرستيمية مثلا تكون هناك فجوات صغيرة جدا الا أن هناك بعض الخلايا المرستيمية كخلايا الكمبيوم تتميز بكونها غنية الفجوات بحيث تكاد تضاهي أو تزيـد كمية الفجوات أو العصير الخلوى الموجود فيها على بعض خلايا الانسجة الدائمة (شكل ٢ـ١) ٠



شكل (٢-١) رسم توضيحي لخلية نباتية كما تبدو تحت المجهر الألكتروني .

والفجوة اما ان تكون عديمة اللون أو تتخذ ألواناً معينة . ويعتبر الماء المكون الرئيسي للعصير الخلوي حيث يكون مع المحتويات الاخرى اما محاليل حقيقية أو محاليل غروية .. وهذه تشمل الاملاح والسكريات والاحماض العضوية والاحماض الامينية والاميدات ومركبات بروتينية ودهنية وغيرها .. وقد توجد أيضا مواد دباغية Tannins وصبغات كالانثوسيانين Anthocyanin . وتصنف هذه المواد كلها مع المواد غير الحية Ergastic substances وهذه اما ان تكون مواد مختزنة Stored material يمكن استعمالها في الوقت المناسب في عمليات البناء أو انها تمثل نواتج عرضية

لبعض عمليات التحول الغذائي أو فضلات ٠ والعصير الخلوى لزج الا انه أقل لزوجة من السايتوبلازم كما انه قد يكون قاعديا في بعــــض الخلايا وحامضيا في خلايا اخرى ويمكن الكشف عن هذا بسهولة باستعمال صبغة الاحمر المتعادل Neutral red ٠

ويختلف التركيز في العصير الخلوى باختلاف الخلايا ٠٠ وقد يزداد التركيز عن حد معين وبذلك تترسب المواد الذائبة فيه على شكل بلورات ٠ كما يحدث عند فقد الخلايا لبعض مائها في البذور الجافة التى قد تنخفض نسبة الماء فيها الى عشرة بالمائة او أقل ، علما بان الماء في الحالة الاعتيادية قد يصل الى ٨٥ــ٩٥٪ ٠

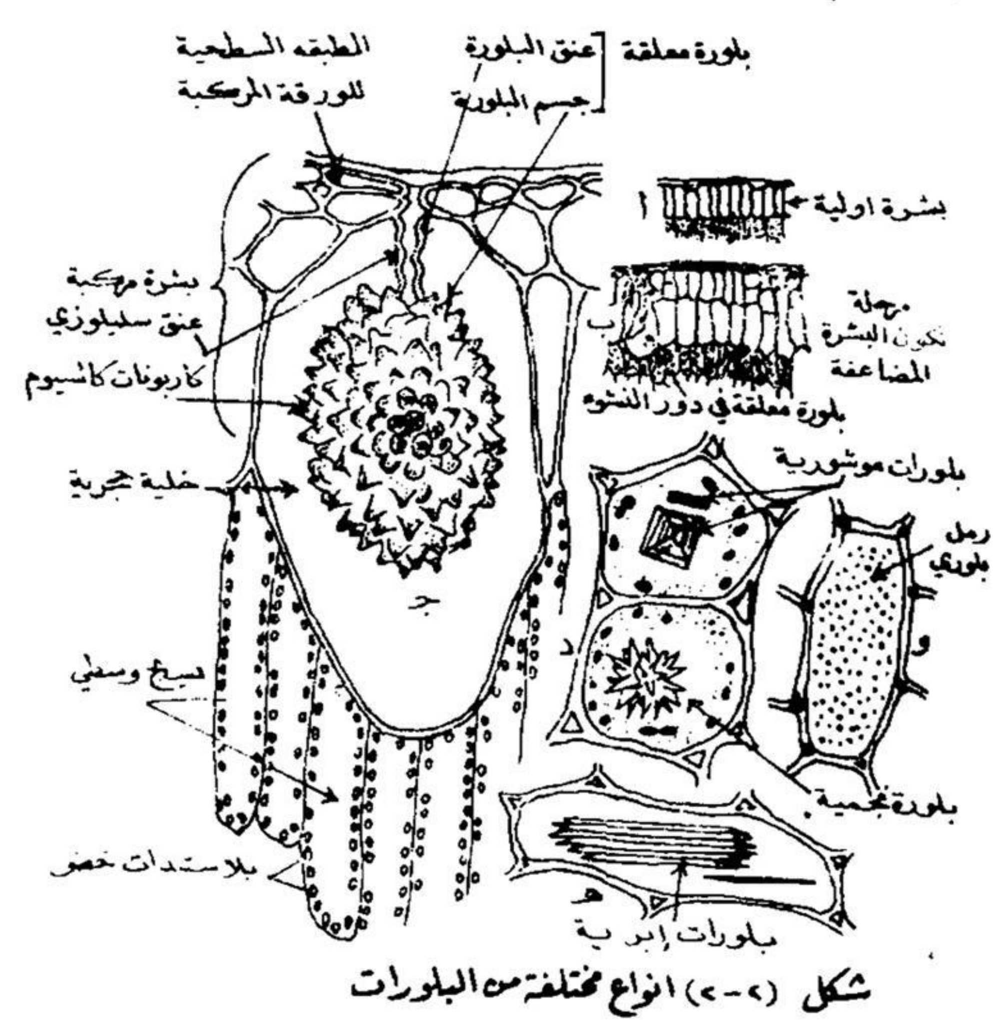
وتلعب الفجوات دورا هاما في كثير من العمليات الحيوية خاصة فيما يتعلق بالعلاقة المائية بين النبات والمحيط الخارجي وكذلك في تعزيز آلية انتقال المواد المختلفة من منطقة الى اخرى خلال جسم النبات ٠ كما انه من المعروف ان الخلية النباتية لكى تقوم بأنشطتها الحيوية على الوجــه الاكمل لابد ان تكون في حالة امتلاء Turgidity وذلك يعتمد على الفجوة العصاريه ٠

وبالاضافة الى ذلك فان الخلايا الممتلئة تقوم بدور هام في تقوية النبات من الناحية الميكانيكية ولاسيما بالنسبة للاجزاء الفتية ٠

البلــورات Crystals

توجد البلورات في كثير من أنواع الخلايا النباتية ٠ وهذه المكونات غير الحية للخلية تكون متباينة في اشكالها وتركيبها الكيمــاوي وان كان معظم البلورات تتكون من أوكسالات الكلسيوم أو كربونات الكلســيوم والنوع الاول من البلورات أي اكسالات الكالسيوم لها اهميتها ومغزاها بالنسبة لحيــــاة البروتوبلازم وحيويته ، حيث ان حامض الاوكساليك يعتبر من الحوامض السامة ولذلك تحوله الخلايا الى مركبات غير ذائبة على هيئة بلورات تقلل الى أكبر حد ممكن من تأثيره السام ٠

من البلـــورات ماتكون موجودة بمفردها Solitary اي توجـــد البلورة بصورة منفردة كما هو الحال في البلورات الموشورية Prismatic أو تتجمع بشكل كتل بلورية Crystal masses تسمى وردية أو نجمية Rosette or Druses وقد تكون بشكل حزم من بلورات ابرية رفيعة وهذه تسمى رافيدات أو بلورات ابريه Raphides or Needle crystals (شكل ٢-٢) .



شكل (٢-٢) انواع مختلفة من البلورات

أ، ب، جـ ، - مراحل نشوء البشرة المضاعفة والبلورة المعلقة (الحوصلة الحجرية) في خلايا بشرة نبات المطاط Ficus

د - خليتان من سويق ورقة بيكونيا تحويان بلورات موشورية ونجمية.

هـ - بلورات إبرية من نبات لالة عباس Mirabilis

و - بلورات رملية في خلايا من جنس Solanum

ومن الانواع الاخرى للبلورات مايسمى بالبلورة المعلقة أو الحويصلة الحجرية (Cystolith) • وفيها يكون جسم البلورة Body مكونا من كاربونات الكالسيوم ، أما العنق stalk فهو مركب أساسا من مادة السليلوز ويتدلى من الجدار المماسى الخارجي لخلايا البشرة بالنسبة لبعض النباتات ، بينما يتصل طرفه الاخر بالبلورة • ويطلق على الخلية الحاوية على الحويصلة الحجرية مصطلح الخلية الحجرية Lithocyte او كيس الحويصلة الحجرية Lithocyst • ولا يقتصر وجود هذا النوع من البلورات على خلايا البشرة ، بل قد توجد كذلك في الخلايا البرنكيمية •

يشيع وجود بلورات الحويصلة الحجرية في بعض الفصائل النباتية مثل عائلة Ocanthaceae والعائلة القرعية أو القثائية Cucurbitaeae والعائلة التوتية Moraceae ومنها نبات تين المطاط **Ficus elastica** ولذلك اذا ما عولج قطاع من ورقة نبات تين المطاط بحامض الهيدروكلوريك HCl المخفف ذابت البلورة في الحامض وبقى العنق •

كما يوجد ايضا نوع خاص من البلورات يسمى البلورات الكروية Sphaerocrystals وهذا يوجد في درنات بعض النباتات كنبات الداليا Dahlia وهذه البورات تكون من مادة الانيولين Inulin • وقد تكون بلورات اوكسالات الكالسيوم على شكل مسحوق يشبه الرمل فيطلق عليها البلورات الرملية Sand crystals كما في البطاطس Solanum tuberosum

الحبيبات النشوية Starch Grains

يعتبر النشا من أهم المواد المختزنة في الخلايا النباتية وهو مادة كربوهيدراتية متعددة السكريات تمثل سلسلة طويلة من جزيئات سكر الجلوكوز • ويوجد النشا على شكل حبيبات يطلق عليها الحبيبات النشوية • وتتكون الحبيبات النشوية في البلاستيدات الخضر وكذلك في البلاستيدات عديمة اللون وتختلف الصفات المظهرية لحبيبات النشا باختلاف النباتات ويرجع ذلك الى :

١ ـ موقع وشكل مركز تكوين الحبة والذى يسمى السرة Hilum

٢ ـ وجود أو عدم وجود طبقات Layers or stratifications

٣ ـ حجم وشكل الحبيبات النشوية .

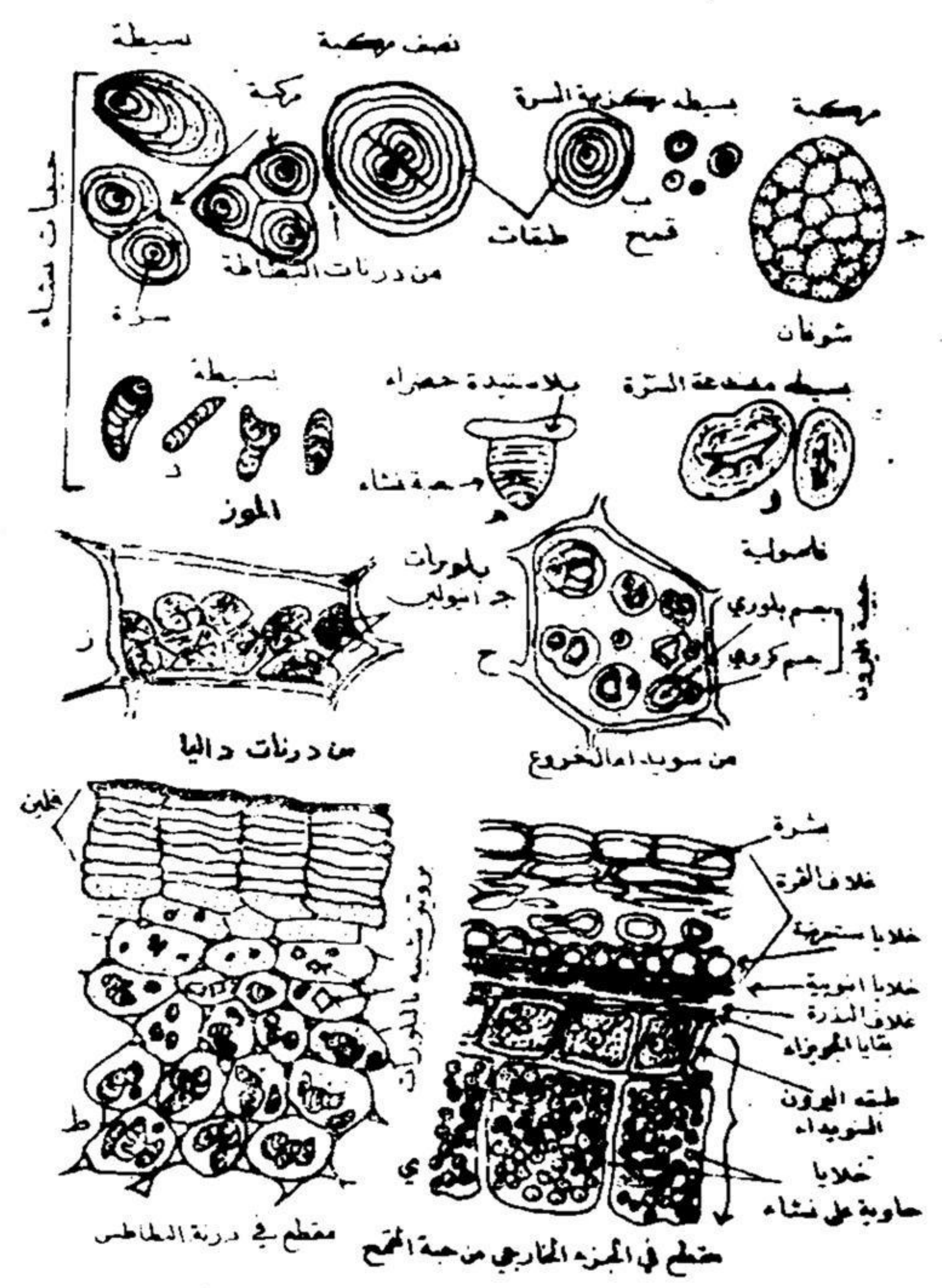
٤ ـ طبيعة هذه الحبيبات من حيث انها بسيطة أو مركبة أو شبه مركبة ..

ويعتمد تكوين الحبيبات النشوية على الظروف الفسيولوجية المرتبطة بالبلاستيدات الخضر والبيض وكذلك على كمية سكر الكلوكوز ودرجة الحموضة وكثير من العوامل الاخرى كالضوء والحرارة وتوفر الانزيمات اللازمة . والبلاستيدات البيض لا تقوم بصنع النشا من مواد أولية غير عضوية انما تصنعه من سكريات بسيطة وتختزنه بداخلها .

ويختلف شكل السرة فقد تكون دائرية وذلك في معظم الاحيان الا انها قد تتخذ أشكالا اخرى . فقد تكون متصدعة cracked كما في البقليات . أما بالنسبة للطبقات فقد تكون واضحة كما في البطاطا ولكنها قد لا تكون مميزة كما في نباتات اخرى عديدة . ويعلل ظهور الطبقات الى اختلاف المحتوى المائي للطبقات النشوية بعضها عن البعض .

وبالنسبة لوضع السرة فقد يكون مركزيا concentric كما في البزاليا او غير مركزي Excentric كما في الموز Musa (شكل ٢ ـ ٣).

وقد تكون حبيبة النشا بسيطة simple اذا ترتبت جميع الطبقات حول سرة واحدة . وتعتبر الحبيبة شبه مركبة semi-compound اذا كانت لها سرتان أو أكثر وتترتب الطبقات حول كل منها ثم ترتب بعد ذلك حولها معا . أما الحبيبة المركبة Compound فتحتوى على أكثر من سرة ولكن يوجد حاجز بين كل سرتين متجاورتين وتترتب الطبقات حول كل منها بصورة مستقلة ولا تندمج مع بعضها. وفي درنات البطاطا يمكن ملاحظ الانواع الثلاثة .



شكل (٢-٣) أ إلى و نماذج مختلفة من حبيبات النشاء البسيطة والمركبة وشبه المركبة ز- بلورات انيولين - وهو مادة كربوهيدراتية تتكون لدى تحللها سكر العنب (فركتوز). ط - مقطع يوضح منطقة وجود النشاء في درنة البطاطس ي - مقطع في حبة القمح يوضح وجود حبيبات اليرون والنشاء .

وتعتبر دراسة الاوصاف المختلفة لحبيبات النشا وأشكالها ذات أهمية كبرى في الصناعة والتجارة وذلك لان التعرف على مصادر النشا عن طريق

هـذه الدراسة يمنـــع غش الانواع الجيـــدة بالانواع الاخرى الرديئة والرخيصة الثمن ٠

الحبيبات الاليرونية Aleurone Grains

توجد المادة البروتينية في الخلايا النباتية والحيوانية على السواء ، وتعتبر من أهم المواد الغذائية اذ انها تكون الجـزء الرئيسى والاساسى في تركيب المادة الحية ٠ كما أنها تؤلف الاساس في الانزيمات المختلفة التى تتركب عادة بصورة رئيسية من المادة البروتينية ٠ وفضلا عن ذلك فـان البروتينات كثيرا ما تدخل في تراكيب هامة جدا في الخلية كالكروموسومات والنواة والسايتوبلازم وغيرها، وغالبا ما تكون بشكل مايسمى بالبروتينات المقترنة conjugated proteins

وتوجد البروتينات في الخلايا النباتية بشكل مختزن ، غالبا مايكون على شكل حبيبات تســمى بالحبيبات الاليرونية Aleurone grains التى يكثر وجودها في سائر الاجزاء النباتية خاصة سويداء البذور كما في الخروع والحنطة والذرة وغيرها ٠

وحبيبة الاليرون قد تكون مستديرة او بيضية في شكلها وتتكـــون الحبيبة في اندوسبرم الخروع من جسم شبه بلوري يسمى crystalloid ويتكون من بروتـين (البيومـين Albumin وجسم اخـر كروي يســمى globoid وهو عبارة عن بروتين (Globulin) متحد مع ملح مزدوج من فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم ويحيط هذين الجسمين غلاف واحد هـو غلاف الحبيبة ٠

أما في الباقلاء أو البزاليا وغيرها من البقوليـات فتكون الحبيبات الاليرونية صغيرة غير متبلورة وغير متميز بها الجسم البلوري أو الجسم الكروى ٠ وتكون الحبيبات الاليرونية ممتزجة مع حبيبات النشا في نفس الخلايا ٠

أما في حبة القمح فتوجد طبقة خاصة تقع تحت أغلفة الحبة مباشرة تسمى بالطبقة الاليرونية Aleurone layer تحتـــوى خلاياها على حبيبات اليرونية دقيقة تليها الى الداخل طبقات عديدة تســمى الطبقات

النشوية starchy layers وهى الطبقات التى تحتوى على الحبيبـــات النشوية (شكل ٢ـ٣) ٠

وبالاضافة الى المكونات السابقة غير الحية للخليـــة توجد مكونات اخرى تنتمي الى النواتج الايضية كالاحماض العضوية والاملاح والاصباغ والعطور وغير ذلك ٠ وهذه المحتويات غير الحية للخلية والتى توجد امـا بشكل مواد مختزنة او نوع وسطية Intermediate products أو على شكل فضلات Waste materials فانها توجد على شكل مـــواد يمكن ان تتحول في أية لحظة فتصبح جزءا من المادة الحية ٠٠ لذلك فان الحد الفاصل الدقيق الذى يفصل بين أية مادة غير حية عن المادة الحية يعتبر من الامور الصعبة حيث ان هنالك تحولات يمكن ان تنقل بعــض المواد الحية الى تراكيب غير حية أو العكس ٠

ومن المحتويات غير الحية في الخلية المواد الدباغية أو التنين Tannin ، وهي مجموعة متباينة من مشتقات الفينول يشيع انتشارها في الانسجة النباتية . وقد تكون موجودة في الفجوة أو في السايتوبلازم ، كما قد توجد ايضاً في الجدار . وقد تكون بهيئة خلايا منعزلة Idioblasts أو بهيئة طبقة مستمرة . وقد توجد في كثير من النباتات في الاوراق أو مقترنة مع النسيج الوعائي ، وفي البشرة المحيطة Periderm ، وفي البذور ، كما توجد في الثمار غير الناضجة Unripe fruit .

ومن الجدير بالذكر أن المواد الفينولية ـ ومنها الدباغية ـ ذات أهمية من الناحية التصنيفية ، حيث أن وجودها وطبيعة تركيبها يمكن اعتمادها كدليل مساعد في هذا الشأن .

ومن المواد الاخرى الأيضية التي يشيع وجودها ايضاً من الخلايا النباتية الدهون Fats ، والزيوت Oils ، والشموع Waxes وغيرها .

الفصل الثالث

CHAPTER 3

المحتويات الحية للخلية النباتية

LIVING COMPONENTS OF PLANT CELL

تشمل المحتويات الحية للخلية النواة والسايتوبلازم ومايلحق بها من تراكيب حية . فبالنسبة للسايتوبلازم هنالك الاغشية السايتوبلازمية Cytoplasmic membranes والشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticuium كما ان هنالك العضيات الاخرى Organelles الموجودة داخل السايتوبلازم كالمايتوكوندرية Mitochondria والرايبوسومات Ribsomes والبلاستيدات Plastids والدكتيوزومات Dictyosomes وغيرها . وقد قدر بعض العلماء أن العدد التقريبي لهذه العضيات Organelles في الخلية النباتية هو : نواة واحدة ، ٢٠ بلاستيدة ، ٧٠٠ ميتاكوندرية ، ٤٠٠ دكيتوسوم ٥٠٠,٠٠٠ رايبوسوم ، ٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ جزيئة انزيم تمثل ١٠,٠٠٠ نوعاً مختلفاً من انواع الانزيمات

السايتوبلازم Cytoplasm

يستخدم مصطلح السايتوبلازم للدلالة على المادة الحية الموجودة بين النواة من جهة والغشاء البلازمي الخارجي من جهة اخرى والمحتوى على تراكيب حية اخرى كالبلاستيدات والميتوكوندريا والرايبوسومات وهي تراكيب تعتبر مكونات حية للخلية موجودة داخل السايتوبلازم . وبذلك يمثل السايتوبلازم الجزء الاساسي من البروتوبلاست كما ان هناك تراكيب غشائية كثيرة يمكن اعتبار بعضها جزءا من السايتوبلازم ومعاملتها كأغشية سايتوبلازمية بينما تعتبر الاخرى تابعة للتراكيب المحيطة بها .. مثال ذلك الاغشية المحيطة بالبلاستيدات والميتوكوندريا وغيرها . ومما يجدر ذكره أن أي تركيب حي او غير حي موجود في السايتوبلازم لا يمكن أن يوجد دون فاصل غشائي يفصله عن السايتوبلازم .

ويتميز في السايتوبلازم جزء يشكل ارضية السايتوبلازم وهي منطقة متجانسة نسبيا ونسمى Ground cytoplasm وتوجد ضمن ارضية

السايتوبلازم تراكيب واغشية وتجاويف مختلفة الحجم والشكل تمثل مكونات معينة لها وظائف محددة · ويظهر السايتوبلازم تحت المجهر كمادة هلامية نصف سائلة شفافة أكثر كثافة ولزوجة من الماء ويكون الماء في كثير من الاحيان ٨٥ـ٩٠٪ من الوزن الطري للخلايا · وتقل هذه النسبة الى أقل من هذا بكثير في الانسجة الكامنة كالحال في البذور الجافة حيث تنخفض نسبة الماء الى ١٠ـ١٥٪ من الوزن الطري · اما المواد العضوية وغير العضوية فاما ان تكون بشكل محاليل حقيقية True solutions او محاليل غروية Colloidal solutions وتمثل الاملاح والمواد السكرية المجموعة الذائبة بشكل أيوني أو جزيئي أما بقية المواد العضوية فتوجد على شكل محاليل غروية · ومن اهم هذه المواد البروتينات والمواد الدهنية والكاربوهيدرات غير الذائبة · وتعتبر الخاصية الغروية من أهم ما يساعد على قيام العمليات الحيوية داخل الخلية ولاسيما الانزيمية منها ·

ولقد اجريت دراسات مختلفة على السايتوبلازم لغرض التعرف على خواصه المختلفة واستخدمت في ذلك طرق مختلفة من بينها المجهر ذي الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet microscope والمجهر ذي الضوء المستقطب Polarized microscope والمجهر الالكتروني Elestron microseope وغير ذلك · وكلها تشير الى ان السايتوبلازم هو شبكة بروتينية قابلة للتغير باستمرار وتكون مطمورة في الحلول المائي للسايتوبلازم وهذه الشبكات هي سلاسل طويلة من نوع متعددة البتيدات Polypeptides وارتباط هذه السلاسل تكون الشبكة البروتينية والتي تسمى بالشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum · ومما يدل على التغير المستمر للسايتوبلازم ما يلاحظ في حالات كثيرة من سيولة السايتوبلازم والتي يطلق عليها Cytoplasmic streaming



الشبكة الاندوبلازمية والرايبوزومات

ب

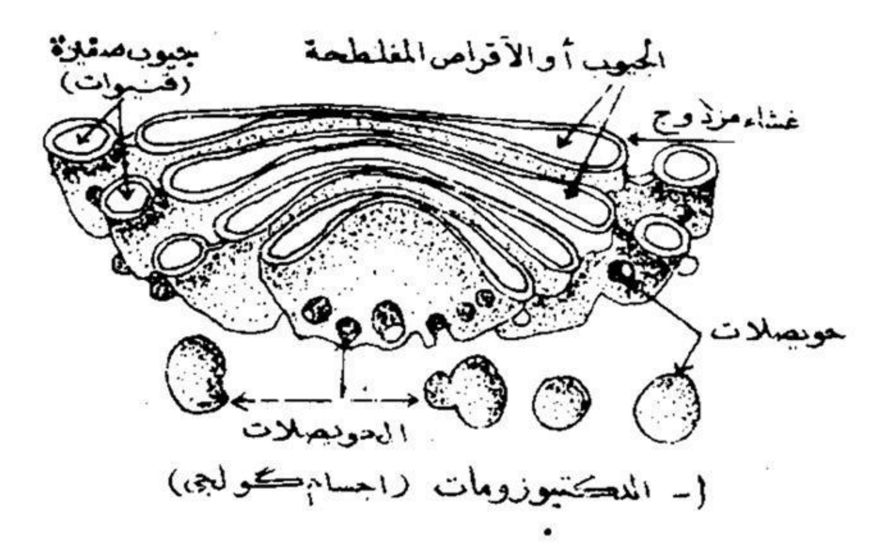
الستروما
صفائح مابين الكرانا ب.
1 μm

بلاستيدة خضراء من ورقة نبات الذرة

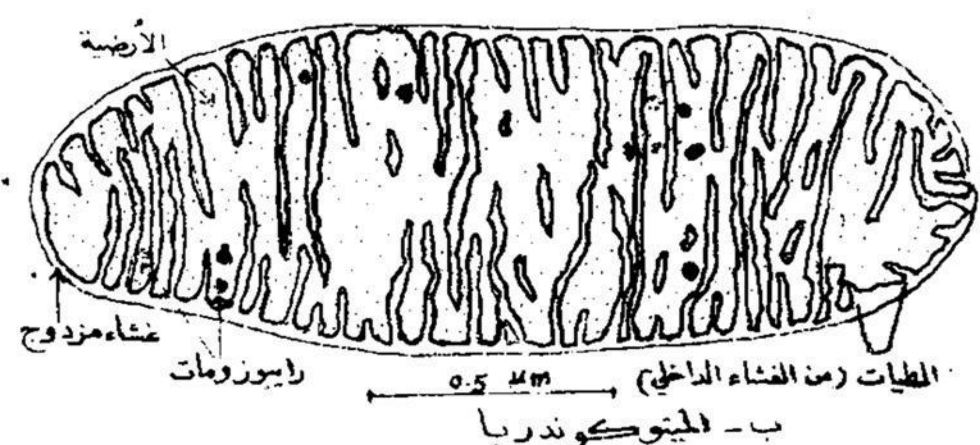
شكل (٣ ـ ١) أ ـ جزء من الشبكة الاندوبلازمية كما تبدو تحت المجهر الالكتروني وتبدو عليها الرايبوزومات .
ب ـ بلاستيدة خضراء كما تبدو تحت المجهر الالكتروني

الميتوكوندريا Mitochondria

وهي تراكيب تظهر في السايتوبلازم كعصي قصيرة أو خيوط رقيقة طولها حوالي ١ ـ ٣ مايكروميتر موجودة في الخلايا النباتية والحيوانية على حد سواء . وهي أكثر لزوجة واغمق لوناً من السايتوبلازم ، ويمكن ملاحظتها بوضوح في الخلايا الحية بعد صبغها بالصبغة الحيوية أخضر يانس Janus green . وتتكون معظمها من بروتين ودهون ، كما أنها تحوي الحامض النووي الزايبوزي RNA ، وعدد من الانزيمات التنفسية ، وعلى هذا الاساس فهي تمثل مراكز حدوث التفاعلات المنتجة للطاقة . كما تحوي الميتوكوندريا الحامض النووي DNA الذي يكون كثير الشبه بذلك الموجود في البكتريا . وعلى هذا الأساس فإن الميتوكوندريات تمثل نظاماً بيولوجياً أكثر تكاملاً من الرواشح Viruses التي تكون مقتصرة على نوع واحد فقط من الحامض النووي (أما RNA فقط أو DNA فقط) .



أ - الدكتيوزومات (اجسام گولجي)



ب - الميتوكوندريا

شكل (٣-٧) أ - الدكتيوزومات كما تبدو في الشكل التخطيطي المستنبط من المجهر الالكتروني.
ب - الميتوكوندريا كما تبدو تحت المجهر الالكتروني.

وقد أظهر المجهر الالكتروني ان سطح الميتوكوندرة مكون من غشائين رقيقين سمك كل منهما حوالي ٤٠ انكستروم ، ويكون الغشاء الداخلي ذا تجعدات داخلية عميقة تسمى الطيّات الميتوكوندريّة أو الاعراف Mitochondrial cristae ، وتعتبر اسطحها مجال حدوث تفاعلات التنفس ، حيث توجد عند هذه السطوح انزيمات خاصة بدورة كربس Krebs cycle ، وبعض الانزيمات الخاصة ببناء الأدنيوسين ثلاثي الفوسفات ATP ، لذا فإن الميتوكوندرات تمثل مراكز بناء المواد الغنيّة بالطاقة ، ومراكز لخزن الطاقة . كما توجد العديد من الانزيمات مقترنة مع الغشاء الخارجي أو في أرضية أو سدى Matrix هذه العُضيات .

وتحصل في الميتوكوندريا عملية الفسفرة حيث يجري بناء الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP من الأدينوسين ثنائي الفوسفات ADP في عملية يطلق عليها مصطلح الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation . ويسود الاعتقاد بأن الميتوكوندرات ربما تكون قد بدأت وجودها في الأصل ككائنات بدائية النواة Prokaryotes ، ثم اتخذت طريقها الى داخل خلايا حقيقية النواة Eukaryotes ضمن علاقة تعايشية Symbiotic relationship ، ثم تحولت عبر بلايين السنين الى عضيات Organelles داخل تلك الخلايا . وقد وجد مؤخراً أن الغشاء الخارجي للميتوكوندريا – وهو ذو نفاذية انتخابية Selective – شبيه بالغشاء البلازمي بينما الغشاء الداخلي شبيه بالغشاء المحيط بالبكتريا الأرجوانية اللاكبريتية Purple non sulfur bacteria . إن هـذه الحقيقـة ، مضـافـاً لهـا كون الميتوكوندرات تمتلك حامض DNA ، جزيئتهُ حلقية شبيهة بتلك الموجودة في البكتريا ، تعزّز فكرة العلاقة التعايشية هذه ، التي ربما تكون قد حصلت أصلاً خلال عملية التطور ، ومن ثم تحولت الى عضي Oraganelle بداخل الخلية .

وتجدر الاشارة هنا الى أن الميتوكوندرات لها القدرة على النمو الذاتي والانقسام .

الرايبوسومات Ribosomes

وهي تراكيب على هيئة حبيبات غاية في الدقة يمكن رؤيتها بالمجهر الالكتروني (شكل ٣ – ١) . وتتركب الرايبوسومات من الحامض النووي r RNA وبروتينات ، أي أنها تمثل بروتينات نووية ، كما تحوي انزيمات خاصة بعمليات البناء ولا سيما بناء البروتينات . وغالباً ماتكون الرايبوسومات في خلايا حقيقية النواة مقترنة مع غشاء الشبكة الاندربلازمية ، مكونة بذلك الشبكة الاندوبلازمية الخشنة Rough endoplasmic reticulum (RER) ، (شكل ٣ – ١ – أ) ، وقد يوجد بعضها الآخر منتشراً في السايتوبلازم دون أن يقترن بالشبكة الاندوبلازمية ، كما أنها قد تكون موجودة في بعض العضيات الخلوية كالميتوكوندريا والبلاستيدات الخضر . وتمثل الرايبوسومات المراكز الرئيسة لصنع البروتينات .

النواة Nucleus

تتميز الخلية الحية للكائنات حقيقية النواة Euharyotes بوجود تركيب محدد كروي الشكل عادة بداخل السايتوبلازم يطلق عليه مصطلح النواة Nucleus .

وتوجد النواة بشكل متكامل في الخلية الحية التي هي ليست في حالة انقسام فعلي . وهذا الطور كان يطلق عليه خطأ مصطلح طور الراحة Resting stage غير ان من الانسب استخدام مصطلح الطور البيني Interphase للدالة على هذا الطور لكونه يقعُ في الفترة مابين انقسامين فعّالين متتاليين . وتكون النواة في الطور البيني كاملة التركيب يحدها من الخارج غلاف مزدوج Nuclear envelope يبدو تحت المجهر مُؤلفاً من وحدتين غشائيتين تفصل بينهما مادة بينية . ويفصل الغلاف النووي بين مكونات النواة الاخرى من جهة وبين السايتوبلازم من جهة أخرى . ويكون معظم النواة مؤلفاً من كتلة جلاتينية هي العصير النووي Nucleoplasm (karyoylmph) ، تمتد بداخلها الخيوط الكروماتينية التي تبدو في هذه المرحلة وكأنها شبكة Reticulum وهي تمثل الكروموسومات في هذا الطور ، وبذلك فهي الجزء الذي يحمل المادة الوراثية . كما تضم النواة في الطور البيني نوية واحدة Nucleolus أو أكثر . وعند انقسام الخلية تتحول الشبكة النووية الى الكروموسومات Chromosomes التي تحمل العوامل الوراثية أو الجينات Genes التي تنتقل من خلال عملية انشطار الكروموسومات ــ الى الخلايا البنوية Daughter celles الناتجة عن الانقسام . والشبكة النووية او الكروماتينية تتألف أساساً من بروتينات مقترنة Nucleoproteins مؤلفة من بروتين مقترن مع الحامض النووي DNA . وتوجد

النواة في الخلايا الحية لمعظم الاحياء حقيقية النواة ، الا ان بعض الخلايا قد تفقد نواتها في المراحل البالغة للخلية كما هي الحال في الوحدات المنخلية Sieve membrs في لحاء عاريات البذور ومغطاة البذور ، وكذلك في كريات الدم الحمر Erythrocytes في الانسان وباقي اللبائن . كما تُفقد النواة في الخلايا والانسجة النباتية التي تموت عند النضج .

وفي الكائنات غير حقيقية النواة كالبكتريا والطحالب الخضر المزرقة لاتوجد نواة نموذجية ، حيث تكون المادة النووية مفتقرة للغلاف النووي وللنوية وباقي المكونات الاخرى ، وتكون المادة الوراثية عادة ممثلة بحلقة كروموسومية واحدة موجودة في السايتوبلازم ، وبذلك فانها لاتكون معزولة عن السايتوبلازم بغلاف نووي ، لذا أطلق على مثل هذه الكائنات بدائية النواة Prokaryotes .

لقد أظهر المجهر الالكتروني ان الغلاف النووي يمتلك عدداً من الثقوب التي يتم من خلالها الاتصال المباشر بين النواة والسايتوبلازم . ويبلغ قطر الثقوب مابين ٣٠ الى ١٠٠ نانوميتر ، اما المسافات التي تفصل الثقوب عن بعضها فتتراوح مابين ٥٠ الى ٨٠ نانوميتر . ويفصل بين وحدتي الغشاء 2 unit membrane اللتين تؤلفان الغلاف النووي حيّز لازالت وظيفته غير معلومة . وتجدر الاشارة هنا الى ان

الثقوب الموجودة في الغلاف النووي يجب ان لا ينظر اليها على أنها ممرات حرّة يمكن للمواد أن تمر خلالها دون ضوابط ، بل هي في حقيقة الامر ممرات أو قنوات تتخللها جزيئات بروتينية تتحكم في دخول أو خروج المواد من والى النواة . ان هذه الحقيقة تكسب الغلاف النووي صفة انتخابية Selective تسمح لبعض المواد من الدخول خلال القنوات بينما تعيق أو تمنع مواداً أخرى بغض النظر عن حجومها النسبية . وتعمل جزيئات التحكُّم البروتينية هذه كالباب ، يمكن أن يفتح ليسمح بمرور بعض المواد ، بينما يوصد بوجه مواد أخرى . ويبدو ان دخول وخروج المواد عبر الثقوب يتضمن في الاساس نوعين من الجزيئات العملاقة هما :

(١) بروتينات مصنعة في السايتوبلازم ، تدخل الى النواة لتسهم في بناء بعض الاجزاء أو المكونات داخل النواة ، أو تعمل كعوامل مساعدة في الفعاليات النووية .

(٢) جزيئات من حامض RNA أو معقد بروتيني للحامض النووي الرايبوزي Protein-RNA complex تمر من النواة الى السايتوبلازم .

كما وتجدر الاشارة أيضاً الى أن الغلاف النووي ذو طبيعة دينامية ، حيث أن عدد الثقوب يزداد في الغلاف في المراحل الحيوية الفعالة ـ كالتي تسبق عملية الانقسام الخيطي مباشرة ـ بينما يقل عددها عندما تكون حيوية الخلية واطئة أو خاملة Quiescent .

وفي الخلايا النباتية الناضجة غالباً ماتتخذ النواة موقعاً محيطياً قريباً من الجدار ، أما في الخلايا الحيوانية فيكون موقع النواة مركزياً في الغالب ، ويبدو أن الموقع المركزي يتم تحقيقه بمساعدة خويطات دقيقة Microfilaments توجد بهيئة شبكة تعمل على تثبيت النواة بموقع مركزي في الخلية .

تحوي النواة على واحد أو أكثر من الاجسام الكروية التي لا يفصلها عن باقي محتويات النواة أي غشاء ، ويطلق عليها مصطلح النويات Nucleoli ، وهي تنشأ من كروموسومات خاصة وذلك بواسطة تراكيب يطلق عليها منظّمات النويات Nucleolar organizers . والنوية غنية جداً بالبروتينات ، كما يوجد بها الحامض النووي rRNA الذي يشكل حوالي ٥ ٪ من وزن النوية . ويتراوح عدد النويات في الخلايا مابين ٢ الى ١٠ في الخلايا الجسمية Somatic cells ، غير أنها غالباً ما تندمج بعد تكوينها فيقل عددها الى واحدة أو اكثر . وبظهور الكروموسومات خلال عملية الانقسام الخيطي Mitosis يحدث اختفاء النوية وكذلك الغلاف النووي عند نهاية الطور التمهيدي Late prophase . غير أن النويات والغلاف النووي تعود للظهور ثانية في الطور النهائي Telophase .

والنويات أجسام أكثر كثافة من السائل النووي ، وكثيراً ماتحوي بداخلها أجسام شبه بلورية . وقد ثبت دور النوية في صنع الحامض النووي الرايبوزي الذي يدخل في تركيب الرايبوزومات وهو الـ r RNA .

معقد كولجي Golgi Complex

في خلايا الكائنات حقيقية النواة Eukaryotic تتميز عضيات Organelles غشائية بهيئة جيوب مفلطحة أو اقراص يطلق عليها الصهاريج Cisternae ، يحدها غشاء رقيق ، وتتصل عند اطرافها بحويصلات Vesicles تختلف في عددها وأشكالها تبعاً لنوع الخلية ونشاطها . وقد سميت هذه التراكيب أجسام كولجي Gölgi bodies نسبة للعالم والطبيب الأيطالي الذي شاهدها لأول مرة في بعض الخلايا الحيوانية في القرن التاسع عشر . ويستخدم مصطلح معقد كولجي Golgi complex للدلالة على مجمل أجسام كولجي الموجودة في الخلية مجتمعة . وكان المعتقد في السابق أن أجسام كولجي يقتصر وجودها على الخلايا الحيوانية فقط ، غير أنه ثبت وجودها في الخلايا النباتية ايضاً ، كما ثبت ارتباطها نشوئياً ووظيفياً بالشبكة الاندوبلازمية (.Endoplasmic reticulum (E.R . ويتراوح عدد أجسام كولجي في بعض الخلايا الحيوانية بين ١٠ الى ٢٠ ، بينما يصل عددها في بعض الخلايا النباتية الى بضع مئات . وكثيراً مايطلق عليها في الخلايا النباتية مصطلح الدكتيوسومات Dictyosomes ، غير أن مصطلح أجسام كولجي أصبح استعماله مألوفاً في الخلايا الحيوانية والنباتية .

وإن وجود هذه التراكيب بوفرة في الخلايا الحيوانية والنباتية ذات النشاط الافرازي يشير الى الدور الذي تلعبه هذه العضيات في الوظائف الافرازية . وعلى الرغم من عدم وجود اتصال مباشر ودائم بين اجسام كولجي وبين الشبكة الاندوبلازمية ، إلا أن هنالك ارتباطاً وظيفياً واضحاً بينهما . حيث أن البروتينات واللبيدات التي تصنع في الشبكة الأندوبلازمية الخشنة Rough endoplasmic reticulum والملساء .Smooth E.R على التوالي يجري نقلها بواسطة قنواة مرتبطة بالشبكة الاندوبلازمية ، أو بهيئة حويصلات تنفصل عن الاخيرة وتنقل الى أجسام كولجي . ويجري تحويل المواد البروتينية والدهنية (اللبيدات) الى تراكيب أكثر تعقداً وذلك باتحادها مع السكريات المتعدد Poly saccharides الموجودة في اجسام كولجي . إن جميع السكريات المتعدد في الخلية يجري بناؤها في اجسام كولجي ، حيث قد تتحد مع البروتينات لتكوين معقد بروتيني كربوهيدراتي Glycoprotein ، أو مع الدهون لتكوين معقد دهني كربوهيدراتي Glycolipid . وتتجمع هذه المركبات المعقدة على هيئة افرازات عند نهاية الجيوب أو الصهاريج Cisternae . وتنفصل هذه الافرازات عن طريق

تكوين حويصلات صغيرة Vesicles يجري انتقالها الى مناطق معيّنة من الخليه حيث توجد حاجة الى تلك المواد .

ويختلف تركيب الأغشية في المناطق المختلفة من اجسام كولجي ، حيث تكون في المركز كثيرة الشبه بأغشية الشبكة الاندوبلازمية ، بينما تصبح في المناطق الخارجية للخلية اكثر شبهاً بالغشاء البلازمي Plasma membrane . إن نهايات الصهاريج التي تنشأ منها الحويصلات تكون خالية من البروتينات المساعدة Catalytic proteins وهي بذلك تشابه الغشاء البلازمي في هذا الشأن . وتجدر الاشارة هنا أن اجسام كولجي خالية من الرايبوسومات ، لذا فهي غير معنية بصنع البروتينات ، مما يميزها تركيبياً ووظيفياً عن الشبكة الاندوبلازمية الخشنة . R.E.R.

إن الدور المهم الذي يقوم به معقد كولجي في العديد من الفعاليات الافرازية يجعل هذه العضيات الخلوية تراكيباً مهمة في تكوين الصفيحة الوسطى Cell plate وبالتالي في تكوين الجدار – في الخلايا النباتية ، وكذلك في نمو الغشاء البلازمي اثناء نمو الخلايا الحيوانية والنباتية ، كما انها تساعد في عزل بعض الانزيمات من خلايا الكائنات حقيقة النواة ضمن حويصلات بهيئة لايسوسومات Lysosomes أو بيروكسيسومات Peroxisomes ، أو كلايوكسيسومات Glyoxisomes أو غيرها .

البلاستيدات The Plastids

أجسام بروتوبلازمية ذات قابلية على الانقسام ، موجودة في السايتوبلازم وتفصلها عنه اغشية مزدوجة . وتعتبر البلاستيدات صفة مميزة للخلايا النباتية ، حيث انها غير موجودة في الخلايا الحيوانية ، كما أنها معدومة في الفطريات وفي خلايا الكائنات بدائية النواة كالبكتريا Bacteria والطحالب الخضر المزرقة Cyanophyta . وفي الانسجة النباتية المرستيمية تكون البلاستيدات موجودة بحالة بدائية يطلق عليها البلاستيدات الأولية Proplastids . والاخيرة تمثل صيغة غير متميزة للبلاستيدات حيث تكون الانظمة الغشائية الداخلية فيها غير متميزة في هذه المرحلة ، لكنها تتحول تدريجياً خلال عملية تميز الخلايا الى بلاستيدات من نوع أو آخر .

ويختلف عدد البلاستيدات باختلاف الخلايا ونوع النبات وهي أن وجدت قد يصل عددها الى بضع مئات في الخلايا التي تقوم بعملية التركيب الضوئي Photosynthesis في بعض النباتات الراقية . وعلى العموم تكون البلاستيدات قليلة العدد كبيرة الحجم في النباتات الواطئة بينما تكون صغيرة الحجم كثيرة العدد في بعض النباتات الراقية . وفي بعض الطحالب قد يقتصر عددها على واحدة فقط كما في طحلب كلاميدوموناس **Chlamydomonas** .

وعلى الرغم من اختلاف البلاستيدات في ألوانها واشكالها ، إلا أن بعضها قادر على التحول من نوع الى نوع آخر كما يتضح ذلك عند نضج ثمار الطماطة اذ تتحول من عديمة اللون الى خضراء ثم اخيراً تصبح ملونة .

وكالحال بالنسبة للميتوكوندريات فإن البلاستيدات هي الاخرى تمثل عضيات معقدة ربما كانت هي الاخرى قد نشأت خلال المراحل القديمة من تطور الاحياء بهيئة حياة تكافلية بين كائنين احدهما شبيه بالبكتريا ، اتخذ طريقة الى داخل كائن آخر وحيد الخلية ، حيث يقوم الاخير بتوفير المأوى الذي يعيش فيه الكائن الاول . وعبر بلايين السنين أصبح الكائن الداخلي احد العضيات **Orgnelle** ، ممثلاً بالبلاستيدة في هذه الحالة . إن احتواء البلاستيدات على جزيئة **DNA** حلقية شبيهة بتلك الموجودة في البكتريا ، اضافة الى اسباب اخرى تعزز فكرة الحياة التعايشية للأصل الذي بدأته البلاستيدات ، شأنها في ذلك شأن الميتوكوندرات التي سبقت الاشارة اليها .

ان النظرية التكافلية **Symbiont theory** التي تفسر الأصل التطوري المحتمل لبعض العضيّات الخلوية **Organelles** أصبحت الآن مقبولة الى حد كبير من قبل بعض علماء الاحياء والمعنيين بالتطور **Evolution** . ان الميتوكوندريات الموجودة في جميع الخلايا الحية للكائنات حقيقية النواة **Eukaryotes** ، والبلاستيدات الخضر **Chloroplasts** الموجودة في الكائنات حقيقية النواة القادرة على ممارسة عملية التركيب الضوئي ، تعتبران الاساس الذي يعزز فكرة النظرية التكافلية .

ويمكن تصنيف البلاستيدات الى ثلاثة انواع رئيسة هي :

١ . البلاستيدات الخضر **Chloroplasts**
٢ . البلاستيدات الملونة **Chromoplasts**
٣ . البلاستيدات عديمة اللون **Leucoplasts**

وفيما يأتي شرح موجز لكل نوع من أنواعها .

البلاستيدات الخضر **Chloroplasts**

تتركب البلاستيدات الخضر من غشاء خارجي مزدوج يُحيط بالمحتويات الباقية المؤلفة من أرضية سائلة أو شبه سائلة يطلق عليها السُّدى Stroma توجد بها تراكيب حبيبية يطلق عليها الحبيبات Grana التي تتصل بها الصفات (شكل ٣ ـ ١ ـ ب). ولدى دراستها بالمجهر الالكتروني يمكن ملاحظة ان الحبيبات مؤلفة من تراكيب غشائية معقدة، مكونة أقراصاً غشائية Thylakoids تكون منضدة فوق بعضها البعض كما تنضد النقود المعدنية. وتكون كل مجموعة بهذا الشكل أحدى حبيبات الكرانا. وتمتد بين الحبيبات تراكيب غشائية مزدوجة بحيث تكون هنالك اتصالات مابينها، ويطلق على تلك الامتدادات الغشائية مصطلح الاغشية مابين الحبيبات Intergrana lamellae (شكل ٣ ـ ١).

في معظم النباتات الراقية توجد في البلاستيدات الخضر أربعة انواع من الصبغات هي:

كلوروفيل أ Chlorophyll A (C_{55} H_{72} O_5 N_4 Mg)
كلوروفيل ب Chlorophyll B (C_{55} H_{70} O_6 N_4 Mg)
كاروتين Carotene (C_{40} H_{56})
زانثوفيل Xanthophyll (C_{40} H_{56} O_2)

ويوجد كلوروفيل أ في جميع الاحياء حقيقية النواة التي تقوم بعملية التركيب الضوئي Photosynthetic eukaryotes اضافة الى الطحالب الخضر المزرقة Cyanophyta (يطلق عليها أيضاً Cyanobacteria or Blue-green algae). ويمثل كلوروفيل أ الصبغة الفعالة في عملية التركيب الضوئي بالنسبة لتلك الجاميع من الكائنات، كما أنه يشكل الجزء الاكبر من الصبغات الكلوروفيلية، حيث يؤلف من أوراق النباتات الخضر حوالي ثلاثة أرباع مجمل المحتوى الكلي للكلوروفيل.

اما كلوروفيل ب فيوجد مع كلوروفيل أ في النباتات الوعائية Tracheophyta والحزازيات Bryophyta، وفي الطحالب الخضر Chlorophyta والطحالب اليوغلينية Euglenophyta. وفي معظم الطحالب الاخرى يغيب كلوروفيل B ويستعاض عنه بنوع أو آخر من أنواع الكلوروفيلات اضافة الى كلوروفيل A. ففي الطحالب البنيّة Phaeophyta والدايوتومات (Diatoms) Chrysophyta يوجد كلوروفيل C بدلاً من B، اما في الطحالب الحمر (Red algae) Rhodophyta فيوجد كلوروفيل D بدلاً عنه، بينما يوجد كلوروفيل E

في الطحالب الخضر الصفر Xanthophyta . وتتباين الطحالب أيضاً في الصبغات الاضافية الاخرى غير الكلوروفيل ، حيث توجد صبغة الفيوكوزانثين Fucoxanthin في الطحالب البنيّة وصبغة الفايكوبيلين (أو الفايكوأريثرين) Phycobilins (Phycoerythrin) في الطحالب الحمر ، وصبغة الفايكوسيانين Phycocyanin في الطحالب الخضر المزرقة ، وهكذا .

اما في البكتريا القادرة على ممارسة التركيب الضوئي Photosythetic bacteria حيث لايوجد كلورفيل A ، فانها تمتلك نوعاً خاصاً من الكلوروفيل هو بكتريوكلوروفيل Bacteriochlorophyll في البكتريا الارجوانية Purple bacteria أو كلوروفيل كلوروبيوم Chbrobium chlorophyll في بكتريا الكبريت الخضراء Green sulfur bacteria .

وتجدر الاشارة هنا الى انه في خلايا الكائنات حقيقية النواة التي تقوم بعملية التركيب الضوئي تستطيع صبغات فعالة من كلورفيل A فقط من اقتناص الطاقة الضوئية وتحويلها الى طاقة كيميائية ، اما باقي الصبغات ، بما في ذلك كلوروفيل B و C و D و E والكاروتينيات فكلها عبارة عن صبغات مساعدة ، تستطيع اقتناص الطاقة ، لكنها لا تستطيع تحويلها الى طاقة كيميائية ، بل تنقلها فوراً الى كلوروفيل A حيث تتمكن الصبغة الاخيرة من خزنها في جزيئات السكر المصنوعة .

ويدخل في تركيب البلاستيدات الخضر اللبيدات Lipids والبروتينات Proteins بنسبة متساوية تقريباً ، كما لوحظت فيها الرايبوزومات ، هذا اضافة الى الحامض النووي DNA الموجود على هيئة حلقة شبيهة بالحلقة الكروموسومية للبكتريا . ويلاحظ في البلاستيدات الخضر النشطة المعرضة للضوء بعض حبيبات النشاء ، التي لاتلبث ان تتحول الى سكر ذائب ينتقل الى خارج البلاستيدة . ومن الجدير بالذكر ان البلاستيدات الخضر قادرة على بناء المادة الغنية بالطاقة (وهي الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP) من الأدينوسين ثنائي الفوسفات ADP وذلك بعملية يطلق عليها الفسفرة الضوئية Photophosphorylation ، وكذلك تكوين $NADPH_2$.

البلاستيدات الملونة Chromoplasts

وهي بلاستيدات ذات ألوان مختلفة كالأحمر والأصفر والبرتقالي وغير ذلك . ويعزى الاختلاف في اللون الى نوعية الصبغات الملونة الموجودة في العضو النباتي ونسبتها . فزيادة نسبة الكاروتين ينتج عنها تكون اللون الأحمر ، بينما ينتج عن زيادة الزانثوفيل اللون الاصفر وهكذا . ومما تجدر الاشارة اليه ان البلاستيدات الملونة يمكن ان توجد في أي جزء من اجزاء النبات ، اذ لايشترط وجود الضوء

لتكوينها ، خلافاً لما عليه الحال بالنسبة للبلاستيدات الخضر التي توجد فقط في الأعضاء المعرضة للضوء . وعلى ذلك فالبلاستيدات الملونة يمكن وجودها في تبلات الأزهار وفي الثار وفي الجذور وغيرها . وفائدة البلاستيدات الملونة للنبات يصعب حصرها بشكل محدد. ففي الازهار يمكن تعليل وجودها لجذب الحشرات وبالتالي فهي تساعد في عملية التلقيح الذي يعتبر ضرورة من ضروات التكاثر الجنسي في النباتات الراقية .

كما ان بعض الدراسات تشير الى ان وجود الصبغات الملونة يعمل على تخفيف التأثير الضار الناتج عن شدة الضوء الساقط على الأوراق عندما تكون شدته عالية ، كما انها تلعب دوراً مهماً في امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها الى كلوروفيل A حيث يتم تحويلها بواسطة الأخير الى طاقة مخزونة .

ان الكاروتينات التي تنتجها النباتات تعتبر المصدر النباتي الأساسي لانتاج فيتامين A بالنسبة للانسان والحيوانات . حيث ان كل جزيئة من كاروتين بيتا Betacarotene تكوّن لدى تحللها المائي جزيئتين من جزيئات فيتامين A ، وتتم هذه العملية في مناطق معينة من أنسجة الانسان أو غيره من الحيوانات الاخرى .

البلاستيدات عديمة اللون Leucoplasts

توجد البلاستيدات عديمة اللون في خلايا الأجزاء النباتية غير المعرضة للضوء . لهذا فهي موجودة في الجذور والبذور وفي الدرنات والأعضاء الاخرى التي تكوّن النشاء . وفي مثل هذه الاعضاء تتحول السكريات الذائبة المتكونة في الاجزاء الخضراء الى حبيبات نشوية Starch grains داخل هذه البلاستيدات . واذا تعرضت البلاستيدات عديمة اللون للضوء فانها تتحول الى بلاستيدات خضر Chloroplasts ، كما هو ملاحظ لدى تحول ثمار الطماطة غير الناضجة ، وكذلك في الأوراق الحرشفية الخارجية للبصل . وقد تتحول البلاستيدات عديمة اللون الى بلاستيدات ملونة – بعد تحولها الى بلاستيدات خضر – كما يحدث في الحمضيات والتمر والطماطة . كما يمكن أن يحصل العكس ، حيث يمكن ان تتحول البلاستيدات الخضر الى عديمة اللون لدى حجب الضوء عنها . ووظيفة البلاستيدات عديمة اللون في الاساس هي تكوين النشاء وتخزينه ، لذا يطلق على البلاستيدات هذه مصطلح بلاستيدات النشاء Amyloplasts . وهناك نوع خاص من البلاستيدات عديمة اللون هو البلاستيدات الزيتية Elaioplasts التي تقوم بصنع وخزن الزيوت .

ومن الجدير بالذكر ان الزيوت يمكن ان تصنع ايضاً في الشبكة الاندوبلازمية الملساء SER كما سبقت الاشارة الى ذلك . ويكثر وجود البلاستيدات الزيتية في

الحزازيات وكذلك في نباتات ذوات الفلقة الواحدة . وتشير احدى الدراسات التي اجريت على هذا النوع من البلاستيدات في نبات السوسن Iris انها تقوم بتكوين النشاء اضافة الى الزيوت .

الباب الثاني
SECTION II

الانسجة النباتية
PLANT TISSUES

الفصل الرابع : الانسجة المرستيمية او الانشائية
الفصل الخامس : الانسجة المستديمة

تعتبر الخلية ـ كما سبق ـ وحدة التركيب والوظيفة في الكائنات الحية . وفي الأحياء بدائية النواة Prokaryotes (Monera) كالبكتريا ، والطحالب الخضر المزرقة ، وكذلك في الطلائعيات Protista ، كالأوالي الحيوانية Protozoa والأوالي النباتية Protophyta ، بما فيها العديد من الطحالب Algae ، وكذلك في العديد من الفطريات وحيدة الخلية Chytridiomycetes يكون جسم الكائن الحي مؤلفاً من خلية واحدة تقوم بجميع الفعاليات الحيوية .

في المنشأ والشكل والوظيفة اما في النباتات الراقية فيتكون جسم النبـ من عدد هائل من الخلايا تتباين من حيث الشكل ومن حيث الوظيفة بحيث يتلاءم شكل الخلية مع الوظيفة التى تقوم بها ، ولذلك توجد الخلايا في مجموعات تؤدي كل مجموعة وظيفة أو عدة وظائف ومن هنا نشأت الانسجة بمعناها العام . فالنسيج عبارة عن مجموعة من الخلايا المقترنة تركيبيا والمكيفة لاداء وظيفة أو وظائف معينة . وتتميز الانسجة الى نوعين رئيسين هما :

١ ـ الانسجة المرستيمية Meristematic Tissues

٢ ـ الانسجة المستديمة Permanent Tissues

ويقصد بالانسجة المرستيمية تلك الانسجة التى لم تتكشف أو تتشكل بعد لتقوم بوظيفة معينة ، ولذلك فهى قادرة على الانقسام ثم النمو والتشكل حسب الوظيفة التى ستقوم بها . أما الانسجة المستديمة فهى تلك الانسجة المكونة من خلايا بالغة تامة النضج وتشكلت وتكيفت للوظيفة التى تؤديها . وفي بعض الاحيان تفقد الخلايا المكونة للنسيج الدائم حيويتها بعد تمام نضجها وتصبح خلايا ميتة . كما ان بعض خلايا النسيج الدائم تبقى حية بعد النضج وتستطيع عند توفر الظروف الملائمة من استعادة قدرتها على الانقسام والتحول الى خلايا مرستيمية بصورة دائمة أو مؤقتة ويطلق على مثل هذه الخلايا « مرستيمية كامنة » Potentially meritematic وتستطيع مثل هذه الخلايا ممارسة ما يسمى فقدان التميز Dedifferentiation ، كما هى الحال عند تكوين الكمبيوم بين الحزمي Interfascicular cambium والكمبيوم الفليني Cork cambium حيث تتحول الخلايا المستديمة ثانية الى خلايا مرستيمية .

الفصل الرابع

CHAPTER 4

الانسجة المرستيمية أو الانشائية

MERISTEMATIC TISSUES

تتميز خلايا هذه الانسجة بعدة صفات تميزها عن خلايا الانسجة المستديمة • فهي صغيرة الحجم ، رقيقة الجدر ، ذات قدرة كبيرة على الانقسام ، وفيرة السايتوبلازم ، ذات نواة كبيرة نسبيا ، كما انها عديمة الفجوات العصارية وإن وجدت فتكون صغيرة الحجم عادة يشذ عن ذلك بعض الخلايا المرستيمية ـ كخلايا الكمبيوم ـ التي تكون غنية بالفجوات وكذلك الخلايا القمية للنباتات الوعائية الواطئة مثل نباتات ذنب الحصان (Equisetum (horsetails وقد تحتوى بعض الخلايا المرستيمية على بلاستيدات لا لون لها أو بلاستيدات أولية Proplastids كذلك تتميز هذه الخلايا بعدم وجود مسافات بينية فيما بينها وان وجدت فتكون غاية في الضيق •

ويمكن تقسيم الانسجة المرستيمية بطرق مختلفة حسب اساس التقسيم وعلى ذلك فيمكن تقسيمها بالطرق الاتية :

١ ـ حسب موضعها في جسم النبات Postion in plant body

٢ ـ حسب منشئها Origin

٣ ـ حسب نوع الخلايا الناتجة من الانقسام أي تبعا للوظيفة Function

اولا ـ تقسيم الانسجة المرستيمية تبعا لموضعها في جسم النبات

تقسم الانسجة المرستمية في هذه الحال الى الاقسام الاتية : ـ

١ ـ انسجة مرستيمية قمية Apical Meristems

وهذه توجد في قمم السيقان والجذور واحيانا الاوراق ويطلق عليها احيانا اسم القمم النامية Growing points غير ان تسميتها بالمرستيم القمي تعتبر اكثر دقة . ومن الامثلة على المرستيات القمية المرستيم القمي للساق Shoot apex والمرستيم القمي للجذر Root apex والمرستيم القمي للورقة Leaf apex وهكذا .

٢ ـ انسجة مرستيمية بينية Intercalary Meristems

وتوجد بين أنسجة بالغة مستديمة بعيدا عـــن القمم النامية كتلك التى توجد في قواعد الاوراق أو فوق العقد في سيقان نباتات ذوات الفلقة الواحدة • ويعزى النمو السريع والزيادة فى الطول في سيقان النجيليات وغيرها من نباتات ذوات الفلقة الواحدة الى نشاط هذا النوع من الانسجة المرستيمية البينية بالاضافة الى الانسجة القمية • كما ويلاحظ هذا النوع من المرستيميات البينية ايضا في بعض النباتات الوعائية الواطئة مثـــل نبات ذنب الحصان **Equisetum** . وعلى الرغم من كون المرستيمات البنية هي من المرستيمات الابتدائية ، لكنها تختلف عن المرستيمات القمية بكونها ذات نشاط مؤقت سرعان ما ينحسر ويتوقف بعد فترة بمجرد وصول السلاميات الى اقصى طول لها ، بينما يستمر نشاط المرستيمات القمية مادامت القمية النامية حية .

٣ ـ انسجة مرستيمية جانبية Lateral Meristems

وهذه توجد موازية للبشرة وتنقسم لتنتج خلايا جديدة تضيف الى سمك الساق أو الجـــذر • مثال ذلك الكامبيوم الوعائـي Vascular cambium الذى ينتج الخشب واللحـاء الثانويين والكامبيوم الفليني cork cambium or phellogen الـــذى ينتج الفلين ، وذلـك في السيقان والجذور التى تعاني تغلضا ثانويا •

ثانيا ـ تقسيم الانسجة المرستيمية تبعا لمنشئها

تنقسم الانسجة المرستيمية على هذا الاساس الى النوعين الاتيين :

١ ـ انسجة مرستيمية ابتدائية Primary Meristems

وهى الانسجة التى تقوم ببناء الاجزاء الابتدائية في جسم النبـــات (باستثناء الكمبيوم الوعائي أو الحزمي) وتنشأ مباشرة مـــن النســـيج المرستيمي الاولى **Promeristem** وتشمل القمم النامية للساق والجذور والخلايا المنشئة للاوراق •

٢ ـ انسجة مرستيمية ثانوية Secondary Meristems

وهى الانسجة التى تقوم ببناء الاجزاء الثانوية من جسم النبات

وتنشا من خلايا مستديمة يعاودها النشاط والقدرة على الانقسام ٠
والكمبيوم الفليني يعطي مثلا واضحا لهذا النوع من الانسجة المرستيمية فهو ينشأ من خلايا برانكيمية مستديمة في القشرة Cortex أو الدائرة المحيطة Pericyle او من البشر Epidermis وتمثل الخلايا البارنكيمية او الخلايا الحية في اللحاء Phloem الرقيقة الجدر النسيج الشائع الذي يستطيع أن يستعيد قدرته على الانقسام ليكون خلايا مرستيمية ٠ كما انها قد تنشأ ايضا من خلايا حية اخرى كخلايا الكولنكيما collenchyma ، أو خلايا البشرة Epidermis

ثالثا ـ تقسيم الانسجة المرستيمية تبعا للوظيفة أي الأنسجة التى تنتجها

ويختلف منهج التقسيم على هذا الاساس باختلاف نوع النبات وقد وجد ان جميع النباتات تحتوى على نسيج مرستيمي يطلق عليه المرستيم الاول Promeristem أو Primordial meristem وهذا النسيج يوجد في القمم النامية للجذور والسيقان والبراعم وينشأ من الخلايا المرستيمية الموجودة في الجنين ومنها تتميز باقي الانسجة الموجودة في النبات

القمة النامية في الساق Shoot Apex

بالنسبة للقمم النامية في الساق تختلف الخلايا المرستيمية التى بها في عددها وترتيبها وطريقة انقسامها ٠

وقد نشأت فكرة المرستيم القمي للساق لاول مرة عندما قدمها وولف Wolff عام ١٧٥٩ ووصف هذه المنطقة بانها عبارة عن منطقة غير متكشفة Undeveloped region واقعة في قمة الساق ينشأ منها فيما بعد جميع الانسجة والاعضاء النباتية المحمولة على الساق ٠

وهنالك عدة نظريات متعلقة بالمرستيم القمي تتبنى توضيح ووصف القمم النامية في الساق ، الا انه لا يمكن تطبيق اي من هذه النظريات على جميع النباتات وجميع المجاميع النباتية بل تنطبق كل منها على مجاميع محددة ونباتات معينة في المملكة النباتية دون نباتات اخرى ٠ وفيما يلي شرح مختصر لاهم هذه النظريات :

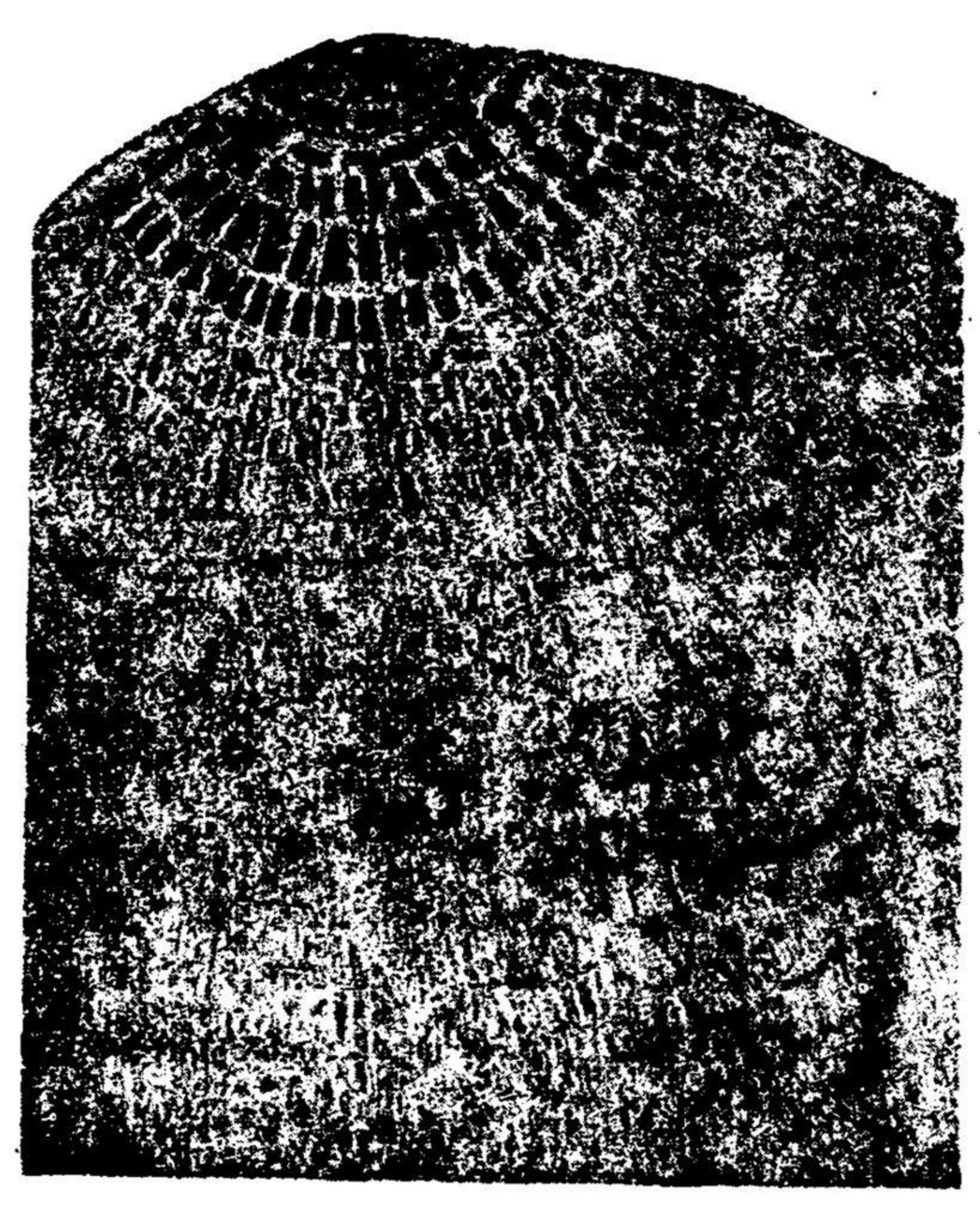
١ ـ نظرية الخلية القمية Apical Cell Theory

قدم هذه النظرية لأول مرة العالم نجيلي Nageli عام ١٨٧٨. تفترض هذه النظرية ان قمة الساق تحتوى على خلية واحدة تمثل الخلية الانشائية الرئيسية والتى ينشأ عن انقسامها وانقسام الخلايا الناتجة عنها جميع انسجة واعضاء النبات الموجودة بالساق • وعلى هذا الاساس يمكن الرجوع بجميع الخلايا المشتقة Derivatives الى خلية وحيدة تقع عند قمة الساق أو الفرع الذى توجد فيه • وقد استنبطت هذه النظرية من دراسات اجريت على بعض النباتات غير المتقدمة Lower plants كبعض التريديات Pteridophyta أو الطحالب Algae والحزازيات Bryophyta • وفي هذه النباتات أمكن بسهولة تتبع الخلية القمية ومشتقاتها •

ومما تجدر الاشارة اليه أن الخلية القمية في معظم النباتات الوعائية الواطئة Lower vascular plants تكون غزيرة الفجوات Highly vacuolated خلافاً لما عليه الحال في كثير من الخلايا المرستيمية ، كما انها كثيرا ما تكون أغزر في فجواتها من الخلايا المشتقة منها •

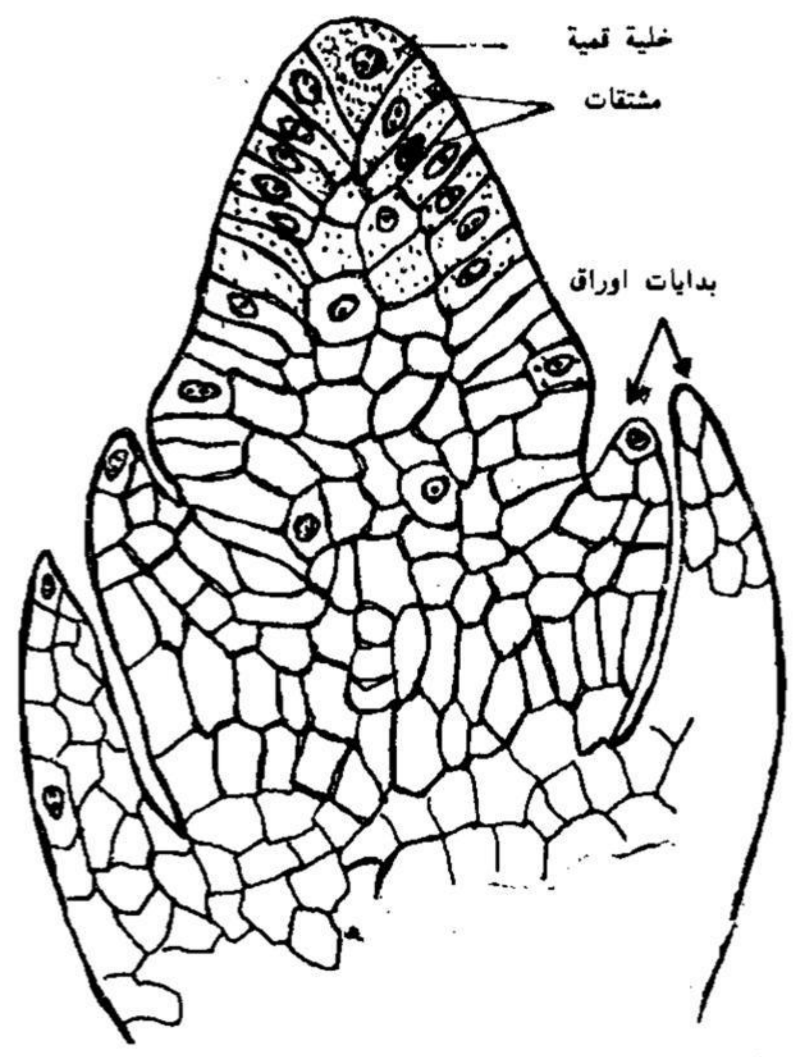
وقد تكون الخلية القمية عدسية الشكل (lens-shaped) Lenticular أو ذات جانبين كما في بعض الطحالب مثل دكتيوتا Dictyota (شكل ٤ـ١) أو بعض الحزازيات مثل Metzgeria وبعض التريديات مثل Pteridium وفي هذه الحالة تنقسم الخلية في اتجاه واحد ويتوالى الانقسام بعد ذلك لتكون طبقة واحدة أو طبقتين أو بضع طبقات •

وقد تكون الخلية القمية هرمية الشكل Pyramidal كما في نبات ذنب الحصان Equisetum (شكل ٤ـ٢) حيث تكون الخلية ذات اربعة أوجه Tetrahedral ، يمثل ثلاثة اوجه منها جوانب الهرم، ويمثل الوجه الرابع قاعدته ويكون متجهاً الى الخارج ، أما الاوجه الثلاثة فمتجهة الى الداخل ويحدث الانقسام على التوالي من الجوانب الثلاثة الداخلية للخلية الهرمية بجدر موازية لهذه الجوانب • وبهذه الطريقة يزداد العضو النباتي في الحجم



شكل (٤-١) الخلية القمية - عدسية الشكل - من نبات دكتيوتا وهو من الطحالب البنية .

والمساحة معا بينما لايحصل انقسام يوازي السطح الخارجي مما يحافظ على بقاء الخلية القمية في موقعها عند قمة الساق . وفي بعض السرخسيات المائية Water ferns مثل السالفينيا **Salvinia** والآزولا **Azolla** تكون الخلية القمية ذات ثلاثة أوجه ، أحدها خارجي محدب ، والآخران مستويان نحو الداخل ، ويتم تكوين المشتقات Derivatives عن طريق انقسامات موازية للمستويين الداخليين .



شكل (٤ ـ ٢) مقطع طولي محوري في قمة ساق نبات ذنب الحصان (Equisetum) (وهو من النباتات الوعائية الواطئة) يوضح الخلية القمية المفردة.

يوضح الخلية القمية المفردة.

وقد امكن تطبيق هذه النظرية على نباتات بسيطة التركيب كالطحالب والحزازيات وبعض النباتات الوعائية الواطئة مثل التريديات • ولم يمكن تطبيقها على القمم النامية المعقدة الموجودة بالنباتات البذرية Seed plants سـواء كانت عاريات البـذور Gymnosperms أو مغطـاة البذور Angiosperms (Anthophyta)

ثانياً : نظرية نشوء الانسجة Histogen Theory

بمقتضى هذه النظرية التى قدمها هانشتاين Hanstein عـام

١٨٦٨ ـ ١٨٧٠ يمكن تمييز القمة المرستيمية النامية للساق الى مناطق معينة تكشفت لتقوم بتكوين طبقات او مناطق انشائية محددة ، وتسمى هذه المناطق الانشائية المميزة بمنشآت الأنسجة Histogens وهي كما يأتي : ـ

١ ـ منشىء البشرة Dermatogen ويقوم بتكوين صف واحد من الخلايا هى طبقة البشرة ٠

٢ ـ منشىء القشرة Periblem ويقوم بتكوين القشرة ٠

٣ ـ منشىء الاسطوانة الوعائية Plerome ويقوم بتكوين الحزم الوعائية والنخاع (اللب) Pith إن وجد .

٤ ـ ويوجد بالاضافة الى ذلك في الجذر منشىء اخر هو منشىء القلنسوة Calyptrogen الذى يكون قلنسوة الجذر Root cap (Calyptra) كما تنص النظرية على أن كلا من هذه المناطق ينشأ من خلية او مجموعة خلايا أساسية خاصة منفصلة عن الخلايا الانشائية للمناطق الاخرى ٠

وهذه النظرية تنطبق على بعض نباتات مغطاة البذور كما انها تفسر النمو في القمة النامية للساق والجذر كذلك ، ولكن فى عدد محدود من النباتات ٠ وقد انتقدت هذه النظرية للاعتبارات الاتية ٠

١ ـ عدم امكان تمييز هذه الطبقات الانشائية في بعض النباتات وخاصه في السيقان ، حيث لايوجد حد فاصل واضح وبخاصة بين منشىء القشرة Periblem ومنشىء الاسطوانة الوعائية Plerome .

٢ ـ قد تنشأ أكثر من طبقة من منشىء واحد فقد يحدث في بعض الجذور ان تنشأ البشرة (الطبقة الوبرية) والقشرة من منشىء واحد ، أو البشرة والقلنسوة ، وهكذا ٠

٣ ـ قد لا يقوم كل منشىء بالوظيفة المخصصة له تبعا للنظرية ٠ فقد يكون منشى الاسطوانة الوعائية النخاع فقط ٠ أو قد يكون

الاسطوانة الوعائية باكملها مضافا اليها جزء من القشرة . كما ان منشىء القشرة قد يقوم بتكوين جزء من القشرة فقط أو بتكوين القشرة كلها وجزء من الاسطوانة الوعائية

٤ ـ ان الدراسات المبنية على استخدام التشكيلات النسيجية (الكاميرات) Chimeras أظهرت صحة هذه النظرية فيما يتعلق بمنشىء البشرة Dermatogen في أحيان كثيرة ، لكنها دحضت في الغالب مضمون هذه النظرية المتعلق بمنشىء القشرة Periblem ومنشىء الاسطوانة الوعائية Plerome وما تضيفه كل من هاتين المنطقتين الانشائيين من مناطق حسب ما تضمنته هذه النظرية . ولهذا رأى البعض ان من الافضل تقسيم منشئات الانسجة بطريقة اخرى ضمت في نظرية سميت بنظرية المرستيم الاول Promeristem theory

ثالثاً : **نظرية المرستيم الاول Promeristem Theory**

تفترض هذه النظرية وجود منطقة في قمة الجذر والساق تكون على درجة واطئة جداً من التميز يطلق عليها المرستيم الأول Promeristem . وسرعان ما تتميز الى ثلاثة مرستيمات ابتدائية بعد مسافة بسيطة من القمة (شكل ٤ ـ ٣) :

١ ـ البشرة الاولية Protoderm

وهذه تقوم بواسطة الانقسام المتعامد على السطح Anticlinal division بتكوين البشرة في الساق أو الطبقة الوبرية Peliferous layer في الجذر كما انها قد تنقسم انقساما موازيا للسطح Periclinal division لتكون بشرة عديدة الطبقات Multiseriate epidermis أو بشرة Epidermis وتحت بشرة Hypodermis

٢ ـ الكامبيوم الاولي Procambium or Procambial strands

وهذا يظهر بشكل أشرطة طويلة كثيرة ومبعثرة في سوق ذوات الفلقة الواحدة او أشرطة مرتبة في اسطوانة مجوفة في

اما في الجذور فتكون على شكل عمود مركزي واحد • وتكون هذه الخلايا مستطيلة موشورية الشكل مع جدر عرضية مائلة وبتوالي انقسامها يتميز الخارجي منها الى عناصر اللحاء الابتداءي Primary pholem والداخلي الى عناصر الخشب الابتدائي • Primary xylem

وفي سوق ذوات الفلقتين لا تتحول خلايا شريط الكمبيوم الاولى كلها الى خلايا مستديمة بل تبقى منها خلايا مرستيمية تكون طبقة بين الخشب واللحاء • وهذه تكون الكمبيوم الحزمي Fascicular cambium الذي يحتفظ بقدرته على الانقسام التي يمارسها مستقبلاً لتكوين الانسجة الثانوية • اما في سوق ذوات الفلقة الواحدة والجذور فتتحول الاشرطة كلها الى خلايا مستديمة •

٣ ــ المرستيم الاساسي أو مرستيم النسيج الاساسي

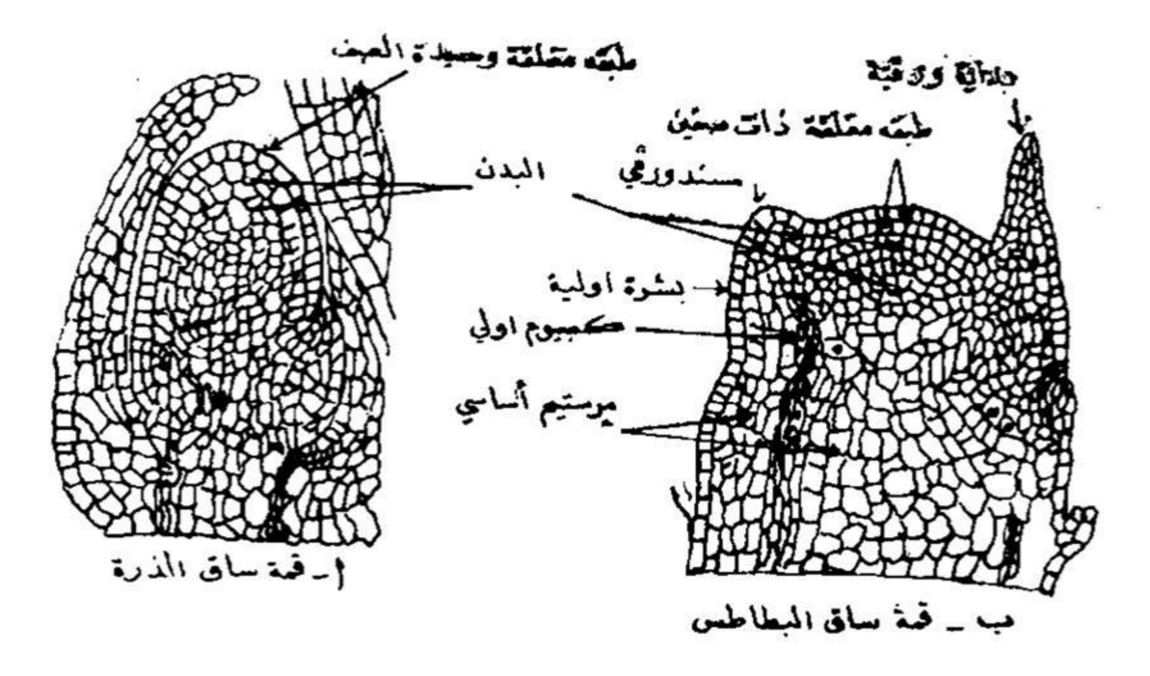
Ground Meristem or Ground Tissue Meristem

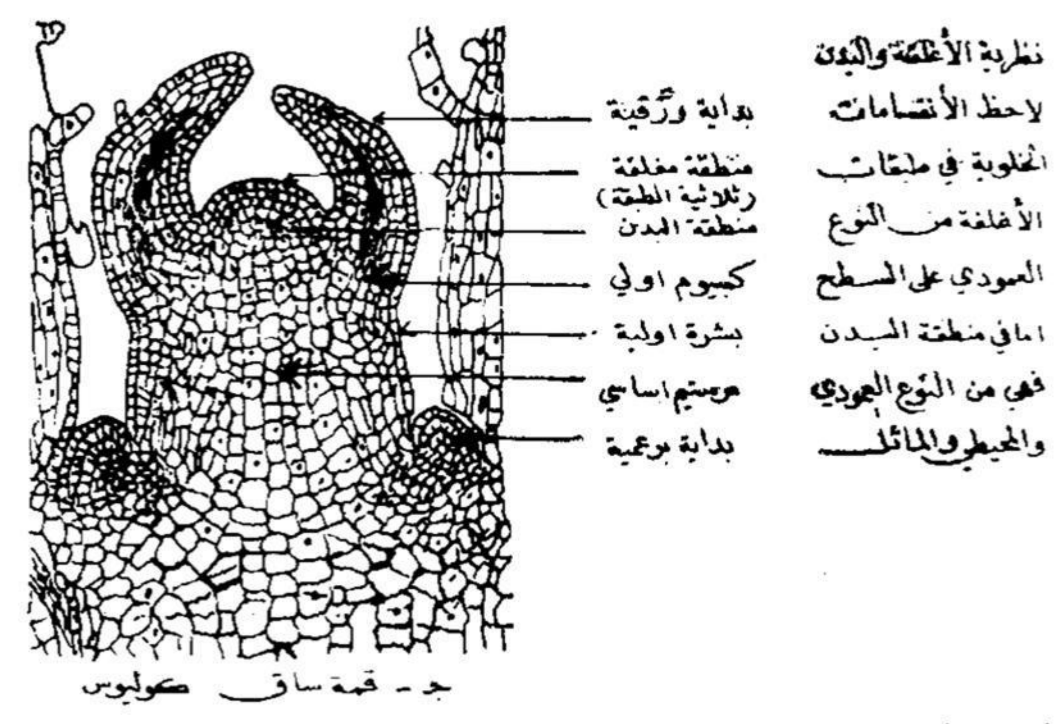
يقوم هذا المرستيم الابتدائي بالانقسام في جميع الجهات وتتميز الخلايا بعد ذلك الى خلايا النسيج الاساسي في الساق او الجذر من قشرة ونخاع وأشعة نخاعية وسواها •

رابعاً ـ نظرية الغلاف والبدن Tunica-Corpus Theory

تبعاً لهذه النظرية التي قدم أسسها الاولى العالم شمت Schmidt عام ١٩٢٤ يمكن تمييز منطقتين مختلفتين في المظهر والتركيب في القمة النامية للساق هما (شكل ٤ـ٣): ــ

١ البدن Corpus وهي منطقة تقع وسط المرستيم القمي وتمتاز بكبر حجم خلاياها كما انها تنقسم في عدة اتجاهات وبذلك تزداد قمة الساق في الحجم اذ تنقسم خلاياها انقسامات عمودية على السطح Anticlinal أو موازية للسطح Periclinal أو ان تعاني انقسامات مائلة Oblique وبتوالي انقسام خلايا هذه المنطقة تتكون الاسطوانة الوعائية او تتكون الاسطوانة الوعائية والقشرة معا • ومما يجدر ذكره





شكل (٤ ـ ٣) قمم مرستيميه لسيقان نباتات تتمشى مع نظرية الاغلفة والبدن .
أ ـ المنطقة المغلفة وحيدة الطبقة .
ب ـ المنطقة المغلفة ثنائية ، وفي جـ ـ ثلاثية الطبقة .
ب ـ المنطقة المغلفة ثنائية ، وفي جـ ـ ثلاثية الطبقة .

انـــه توجد للبدن منطقـــة انشـــائية واحدة **Single initial zone** تنظم بها الخلايا المرستيمية . وينتج عن نشاط هذه المنطقة نمو حجمي يضاف الى الانسجة الداخلية للساق .

٢ ـ الغلاف Tunica وهي طبقة تغلف البدن وخلاياها أصغر من خلايا البدن كما انها تنقسم في اتجاهات عمودية على السطح Anticilnal بحيث ينتج عنها زيادة في السطح أو المساحة ، كما انها قد تتكون من طبقة واحدة او اكثر (شكل ٤ ـ ٣) . فاذا كانت من طبقة واحدة فانها قد تنتج البشرة فقط أو البشرة وبعض الطبقات الاخرى بداخلها • واذا كانت من عدة طبقات فتنتج البشرة والقشرة معا اما بصورة كلية أو جزئية أو قد تكون اجزاء أعمق من القشرة وذلك تبعا للعضو النباتي • ويتراوح عدد طبقات الغلاف من ١ ـ ٦ في ذوات الفلقة ، ومن ٢ ـ ٥ في ذوات الفلقتين إلا في حالات نادرة قد تقتصر على طبقة واحدة كما في نبات الخروع Recinus ويكون لكل طبقة من الطبقات منطقتها الانشائية الخاصة بها Independent initial zone وتتكون كل طبقة من الطبقات المستقلة من أكثر من خلية انشائية واحدة .

وتختلف درجة تميز المنطقتين الواحدة عن الاخرى حسب وضع النبات في المملكة النباتية فقد يتعذر تمييز الغلاف عن البدن في بعض الحالات كما في بعض التريديات مثل لايكوبوديوم Lycopodium وبعض معراة البذور مثل Cycas • وهناك نباتات يتميز في البدن عن الغلاف تميزا بسيطا كما في الصنوبر Pinus •• كما أن هناك حالات تتميز فيها المنطقتان بغاية الوضوح كما في ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة •• وفي هذه المجموعة الاخيرة تنقسم خلايا الغلاف عمودياً Anticlinal على السطح وتكون صفا أو أكثر أما البدن Corpus فتنقسم خلاياه في جميع الاتجاهات مميزة عن الغلاف •

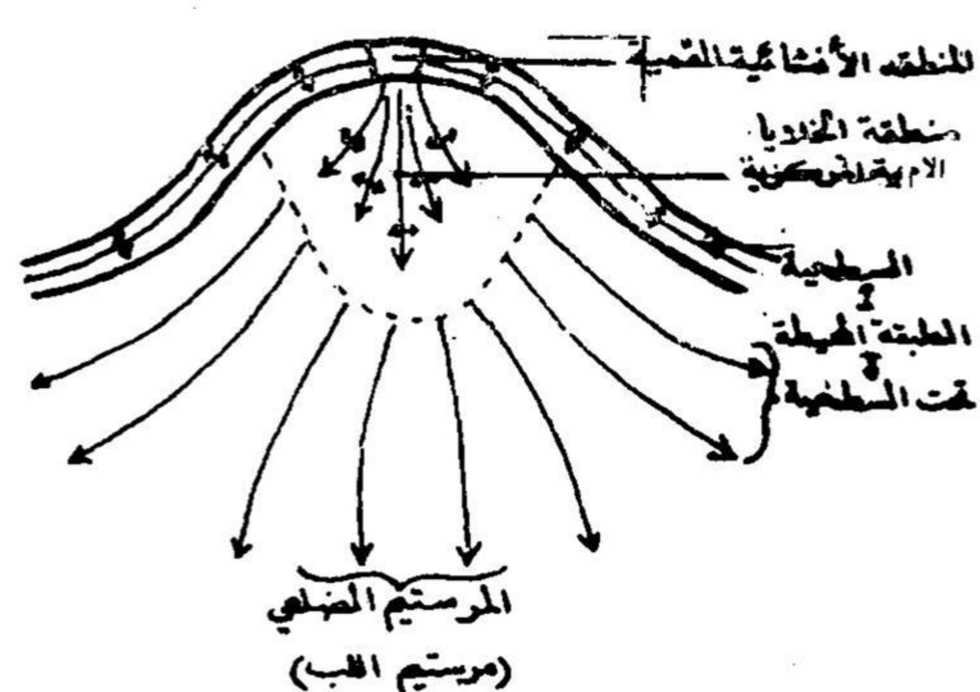
وقد تبين ان نظرية الغلاف والبدن تنطبق على القمة النامية للساق Shoot opex فقط دون ان تكون لها علاقة بالجذر ، كما انها تنطبق على كثير من القمم النامية للساق في الغالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور Angiosperms بما في ذلك ذوات الفلقة Monocotyledons وذوات الفلقتين Dicotyledons

كما ان دراسة القمة النامية في النباتات الوعائية اظهرت ان تميز

القمة النامية في الساق تتبع نظاما معينا يميز المجموعات الكبيرة من هذه النباتات • ويكون النظام معقدا في النباتات الراقية وبسيطا في النباتات الاقل رقيا • ففي النباتات الواطئة تكون الخلايا المنشئة صفا واحـــدا دون تمييز الى بدن وغلاف في حين يلاحظ في النباتات الراقية تتميـــز طبقات الخلايا المنشئة بكل وضـــوح الى بدن Corpus وغلاف Tunica وبين هذه وتلك توجد الحالات المتوسطة •

خامساً-نظرية نمو المناطق Growth of Zones or Cytohistologic Zonation

كان العالم فوستر Foster أول من وصف نظرية نمو المناطق بصورة مفصلة عام ١٩٣٨ . لقد اتضح أنه من غير الممكن تطبيق معظم النظريات السابقة على الغالبية العظمى من النباتات عارية البذور Gymnosperms اذ وجد ان عددا من نباتات هذه المجموعة تتميز بطراز خاص من النمو في قمة الساق تظهر به عدة مناطق تختلف عن بعضها في طريقة انقسام الخلايا وحجمها وغزارة محتواها السايتوبلازمي وتأثرها بالصبغات وما الى ذلك (شكل ٤ـ٤) • واهم هذه المناطق :



شكل (٤-٤) رسم تخطيطي يوضح نظرية نمو المناطق في القمة المرستيمية لساق نبات جنكو - وهو من عاريات البذور. توضح الأسهم اتجاه الأنقسامات

١ ـ المنطقة الانشائية القمية Apical initial zone

مجموعة خلايا مرستيمية واقعة عند النهاية القصوى من قمة الساق ، تحصل بها انقسامات عمودية Anticlinal تضاف مشتقاتها الى الطبقة السطحية Surface layer واخرى موازية للسطح (محيطية) Periclinal تضاف مشتقاتها الى منطقة الخلايا الأم المركزية التى تقع تحتها مباشرة ٠

٢ ـ منطقة الخلايا الأم المركزية Centrel Mother Cells

وتقع تحت المنطقة الاولى ،وتنقسم خلاياها باتجاهات مختلفة فتغذي بذلك المناطق الجانبية والمنطقة السفلى بالخلايا المرستيمية ٠ وتتميز المناطق الخارجية من هذه المنطقة بسرعة انقسام خلاياها مقارنة مع المنطقة المركزية ، كما ان خلاياها تتميز بشدة اصطباغها وصغر حجمها ٠

٣ ـ الطبقة المحيطية Peripheral layer

وهى المنطقة الخارجية التى تلعب دورا مهما في نشوء الاوراق ، والبشرة كما انها تكون القشرة والنسيج الوعائي ، وقد يصل نشاطها ليشمل الجزء الخارجي من اللب ايضا ٠ وخلايا هذه المنطقة غنية بالسايتوبلازم ٠

٤ ـ المرستيم الضلعي Rib-meristem

ويتضمن مجموعة من الخلايا المرستيمية واقعة تحت منطقة الخلايا الامية المركزية ٠ وينتج عن نشاط هذا المرستيم تكوين اللب Pith حيث تسهم هذه المنطقة بتكوين الجزء الاكبر من هذه المنطقة ٠٠

ولعل من ابرز الامثلة على النباتات التى تظهر هذا الطراز من النمو نبات جنكو Ginkgo الذى تظهر فيه هذه المناطق بشكل متميز وواضح ٠ اما في السيكادات cycads فيكون تميز بعض المناطق اقل وضوحا ٠ وفي

معظم المخروطيات Conifers مثل الصنوبر Pinus تتضح هذه المناطق بشكل متميز الى حد كبير .

ومما تجدر الاشارة اليه ان بعض المجاميع الراقية من عاريات البذور Gymnosperms مثل العَلَنْدَة Ephedra ونبات نيتوم Gnetum ، فان طراز النمو في قمة الساق Shoot apex يظهر نمطاً شبيها لحد كبير بطراز نمو الاغلفة والبدن Tunica-corpus الذي تتبعه معظم نباتات مغطاة البذور Angiosperms .

سادسا : نظرية المرستيم الخامل Theory of the Waiting Meristem

وهي من النظريات الحديثة نسبيا ، لكنها لم تلق استجابة وقبولا من قبل معظم علماء التشريح او المعنيين بالنمو والنشوء والتكشف في النباتات الراقية . ويعتبر العالم الفرنسي بوفي Buvat وبعض الباحثين الفرنسيين من اشهر المنادين بهذه النظرية التي قدمها بوفي عام ١٩٥٢ . وتبعا لهذه النظرية يفترض وجود منطقة خاملة عند القمة النامية تقع تحت المنطقة لسطحية للقمة الخضرية للساق méristème d'attente اي (Waiting meristem) . وتبعا لهذه النظرية فإن خلايا هذه المنطقة تبقى خاملة مادامت القمة النامية للساق في الحالة الخضرية . وبعبارة اخرى فإن قمة الساق مادامت معنية بتكوين الاوراق والاجزاء الخضرية الاخرى في الساق ، فان نشاط المرستيم الخامل يبقى معدوما ، وتبقى الانقسامات الخلوية فيها متوقفة . لكنه ــ تبعا لهذه النظرية ــ فإنه بمجرد بدء القمة النامية بالتحول من الحالة الخضرية Vegetative الى الحالة التكاثرية Reproductive ، فإن نشاط المرستيم الخامل يبدأ بالظهور ، وتصبح خلايا هذه المنطقة معنية بتكوين الازهار أو النورات Inflorescences بأجزائها المختلفة . وعلى الرغم من وجود بعض الشبه بين هذه النظرية ونظرية نمو المناطق Cyto-histologic zonation التي سبق ذكرها ، حيث تناظر المنطقة الخاملة المناطق الداخلية لمنطقة الخلايا الام المركزية central mother cells ، الاّ أن فكرة كون هذه المنطقة مقتصر نشاطها على التحول الى الحالة التكاثرية تعتبر أمراً غير مقبول من قبل معظم العلماء والباحثين ، بينما تمثل فكرة النسيج الخامل هذه مركز الثقل وجوهر نظرية المرستيم الخامل .

إن العديد من الابحاث التي اجريت قبل وبعد وضع هذه النظرية تمثل ادلة ليست في صالح هذه النظرية ، وبخاصة تلك الابحاث المبنية على استخلاصات استنبطت من دراسة التشكيلات النسيجية او الكايميرات Chimeras .

إن الدراسات التي اجريت على العديد من النباتات ، والتي استعملت فيها انواع مختلفة من التشكيلات النسيجية التلقائية Spontaneous ، والمستحثة Induced على نباتات عديدة كالتفاح **Pyrus malus** (Apple) ، والعرموط **Pyrus communis** (Pears) ، وعنب الدب **Vaccinium** (Cranberry) والداتورة **Datura** ، والنفل الابيض **Trifolium repens** (White clover) وكثير غيرها ، اوضحت جميعها بأن المنطقة التي وصفت بكونها خاملة لا وجود لها في الواقع ، وان الانقسامات الخلوية تحصل فيها مما يمثل دليلا لايتفق ومضمون نظرية المرستيم الخامل .

مظعم المخروطيات Conifers مثل الصنوبر Pinus تتضح هذه المناطق بشكل متميز •

غير ان مما يجدر ذكره ان بعض المجاميع الراقية من عاريات البذور مثل افيدرا Ephedra ونبات نيتوم Gnetum فان طراز النمو في قمة الساق يظهر نمطا شبيها لحد كبير بطراز نمو الاغلفة والبدن الذي تتبعه معظم نباتات مغطاة البذور •

القمة النامية في الجذر
ROOT APEX

يشبه المرسيتم القمي في الجذور المرسيتم القمي في الساق في انه يظهر في طرز نمو مختلفة وليس هنالك طراز معين ينطبق على القمة النامية لجميع و النباتات .

ويختلف المرسيتم القمي من الجذر عنه في الساق في انه لاينتج انسجة الى الداخل فقط وانما للخارج ايضا •• وتبعا لوجود القلنسوة فان موقع المرستيم القمي للجذر لا يكون نهائيا بل تحت نهائي Subterminal اي تحت القلنسوة • كما انه يختلف ايضا في انه لايكون اعضاء جانبية كالفروع والأوراق التي تتكون بداياتها عند القمة النامية في حالة الساق . اما تفرعات الجذر – التي تظهر عادة بعيداً عن منطقة النمو – فهي داخلية المنشأ او داخلية الأصل Endogenous ، حيث تنشأ من الدائرة المحيطة . ويطلق لفظ

المرستيم الاولى Promeristem على المرستيم القمي في الجذر كما هي الحال في الساق . وبعد المنطقة المرستيمية في الجذر يبدو الاخير واضح التمييز الى منطقتين هما الاسطوانة المركزية والقشرة . وهاتان المنطقتان في الجذر تمثلان منطقة الكامبيوم الاولى Procambium في المركز يحيطه المرستيم الاساسى Ground meristem. ويستعمل لفظ «الكامبيوم الاولى» في هذه الحالة للاسطوانة المركزية بأكملها اذا كانت هذه الاسطوانة في النهاية تكون عمودا وعائيا مركزيا دون وجود نخاع . وحتى في حالة وجود نخاع فانه يعتبر في الجذر منتمياً للكامبيوم الاولى من حيث المنشأ وفي أحيان اخرى يعتبر نسيجا اساسيا مشابها في ذلك النخاع الموجود في الساق.

ويستعمل لفظ البشرة الاولية Protoderm للطبقة السطحية في الجذر الحديث وعادة تتميز البشرة الاولية على بعد من قمة الجذر وذلك لاندماجها من حيث الاصل اما مع القشرة أو مع القلنسوة . ونادرا مايكون لها منشأ مستقل كما في النباتات المائية . وبذلك يمكن استعمال نفس الاسماء التابعة لنظرية المرستيم الأول اي البشرة الاولية Protoderm والكامبيوم الاولى Procambium والمرستيم الاساسي Ground meristem كأنسجة مرستيمية منشئة للبشرة والاسطوانة الوعائية والقشرة على التوالي.

واذا احتوى الجذر على نخاع فيعتبر تابعاً للنسيج الاساسي على الرغم من أنه ينشأ عادة من اسطوانة الكمبيوم الاولي.

وقد قسمت القمم النامية في الجذور الى نماذج على اساس العلاقة بين المناطق المنشئة والانسجة الابتدائية المتكونة منها .

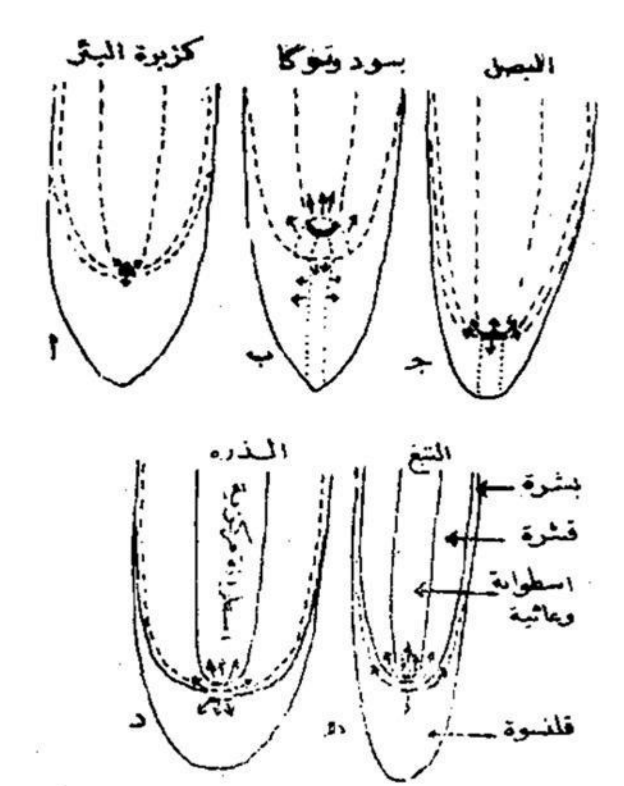
ففي النباتات الواطئة تنتج الانسجة المختلفة من خلية قمية واحدة Single apical cell أو من مجموعة من الخلايا مرتبة في صف واحد One tier وفي هذه الحالات تنهج القمة النامية في الجذر نفس المنهج الذى تنتهجه القمة النامية في الساق .

أما فى معراة البذور أو في مغطاة البذور فان الانسجة الابتدائية تخرج اما من طبقة مرستيمية واحدة Single initai zone غير واضحة التميز أو أن بعض هذه الانسجة يمكن تتبع نشأتها من خلايا

انشائية مستقلة ٠٠ وفي هذه الحالة الاخيرة قد تنتظم الخلايا الانشائية في مجموعتين أو ثلاث أو اكثر كما يلي (شكل ٤ـ٥) :

١ ـ في بعض عاريات البذور وبعض ذوات الفلقتين تنتظم الخلايا الانشائية في مجموعتين Two initial zones احداهما تكون الاسطوانة المركزية والاخرى تكون القشرة والقلنسوة وتتكون البشرة بعد ذلك من الطبقة الخارجية للقشرة ٠

٢ ـ في بعض ذوات الفلقتين تنتظم الخلايا الانشائية في مجموعتين احداهما تكون الاسطوانة المركزية والجزء الداخلي من القشرة والاخرى تكون بقية القشرة والقلنسوة ٠ وتتكون البشرة كذلك



شكل (٤ ـ ٥) نماذج مختلفة من طرز النمو في قمة الجذر

أ ـ خلية قمية مفردة في النباتات الوعائية الواطئة.

ب ـ نمو المناطق في بعض عاريات البذور.

جـ ـ منطقة انشائية واحدة.

د ـ ثلاث مناطق انشائية ، تنشأ القشرة والبشره من المنطقه الثانية

هـ ـ ثلاث مناطق انشائية ، تنشأ البشرة والقلنسوة معاً من المنطقة الأنشائية الثالثة

من الطبقة الخارجية من القشرة .

٣ ــ في بعض ذوات الفلقتين تظهر أيضا الخلايا الانشائية في مجموعتين احداهما تعطى جميع اجزاء الجذر الواقعة بداخل البشــــرة والاخرى تعطى البشرة والقلنسوة . وفي هذه الحالة تتميـــز البشرة عن القشرة من حيث المنشأ .

٤ ــ في بعض ذوات الفلقتين تظهر الخلايا الانشائية مميزة الى ثلاث مناطق Three initial Zones تعتبر أصـــل الاسطوانة المركزية ، القشرة ، البشرة والقلنسوة على التوالي .

أما في ذوات الفلقة الواحدة فيمكن تمييز أربعة نماذج تركيبية هى :

١ ــ للاسطوانة المركزية أوليات مستقلة وللقشرة والقلنسوة أوليات مستقلة وتخرج البشرة كجزء من القلنسوة وهى قريبة مـــن عاريات البذور وبعض ذوات الفلقتين .

٢ ــ تستقل الاسطوانة المركزية والقشرة والقلنسوة كل عن الاخرى من حيث المنشأ وتكون البشرة الطبقة الخارجية من القشرة ، وفي هذا الطراز توجد ثلاث مناطق انشائية في قمة الجذر ، كما في الذرة *Zea mays*

٣ ــ لكل من الاسطوانة المركزية والقشرة والبشرة والقلنسوة خلايا انشائية منفصلة ، أي أن هنالك أربع مناطق انشائية مستقلة. يتمشى هذا الطراز مع نظرية نشوء الانسجة . Histogen theory

٤ ــ تخرج جميع اجزاء الجذر من منشأ واحـــد وهذا الطراز يشبه بعض ذوات الفلقتين وقد وجد في جذر البصل .

وبذلك يتضح ان طرازين من ذوات الفلقة الواحدة يتميزان بنشـــأة القلنسوة من منشأ مستقل وهذا المنشأ يسمى منشىء القلنسوة Calyptrogen اما اذا نشأت البشرة والقلنسوة من نفس المنشأ فيمكن ان يطلق عليـــه مصطلح منشيء البشرة والقلنسوة Calyptro-dermatogen

الفصل الخامس

CHAPTER 5

الانسجة المستديمة

Permanent Tissues

وهي انسجة مكونة من خلايا توقف فيها الانقسام الفعال واصبحت متميزة بطريقة تتلاءم والتخصص الوظيفي المنوط بها . وتختلف درجات التميز في الانسجة والخلايا المستديمة تبعا لنوع النسيج . فقد يبقى النسيج حيا فتحتفظ خلاياه بمعظم مكوناتها البروتوبلازمية بما في ذلك النواة والسايتوبلازم . وفي هذه الانسجة تبقى الخلايا قريبة من الخلايا المرستيمية ، وغالبا ما تبقى محتفظة بقدرتها على الانقسام بصورة كامنة ، أي انها مرستيمية كامنة Potontially meristemal كما في خلايا النسيج البرنكيمي والنسيج الكولنكيمي وخلايا البشرة في بعض النباتات . وفي جميع هذه الامثلة يمكن أن تعاني الخلية ظاهرة فقدان التميز Dedifferentiation فتتحول الى خلايا مرستيمية مرة أخرى ، كما يحدث في تكوين الكمبيوم بين الحزمي والكمبيوم الفليني وفي التئام الجروح Wound healing .وفي خلايا العديد من الانسجة المستديمة الحية يمكن استحثاث الانقسام الخلوي بصورة تجريبية كما يحدث عند نقل الانسجة الى المزارع النسيجية Tissue Cultures التي تكون مجهزة بمواد غذائية معينة وعناصر ومنظمات نمو وغيرها .

وفي أنواع معينة من الخلايا تنحل النواة خلال عملية التميز بينما يبقى السايتوبلازم ، كما في وحدات الانابيب المنخلية Sieve tube elements لمغطاة البذور ، والخلايا المنخلية Sieve cells وظاهرة فقدان النواة وبقاء السايتوبلازم معروفة ايضا في بعض انواع الخلايا الحيوانية كما في كريات الدم الحمر Red blood corpuscles للانسان وبقية اللبائن . وفي حالات كهذه تفقد الخلايا قابليتها على الانقسام بصورة طبيعية ، كما انها لا يمكن ان تستحث على الانقسام بطريقة تجريبية في أوساط اصطناعية .

وفي بعض أنواع الانسجة تموت الخلايا بعد النضج وتصبح خالية من النواة والسايتوبلازم . وفي مثل هذه الحالات تصبح الخلية مكونة من جدار يحيط بتجويف lumen خال من البروتوبلاست ، كما في خلايا الالياف Fibers والفلين cork والقصيبات Tracheids . ان الخلايا التى تصبح ميتة بعد نضجها تفقد القابلية على الانقسام بطبيعة الحال .

يمكن تقسيم الانسجة المستديمة بطرق مختلفة . وذلك تبعا للاسس المعتمدة كأساس في التصنيف . وفيما يلي بعض النماذج من تصنيف الانسجة :

اولا ـ تقسيم الانسجة تبعا لدرجة تعقدها Complexity فاذا كان النسيج مؤلفا من نوع واحد من الخلايا سمي النسيج بسيطا Simple tissue ، كالنسيج البرنكيمي، والنسيج الكولنكيمي والنسيج السكلرنكيمي والفلين . اما اذا كان النسيج مؤلفا من أكثر من نوع واحد من الخلايا التى تختلف عن بعضها اختلافا واضحا فيسمى النسيج معقدا Complex tissue كما هى الحال في نسيجي الخشب واللحاء .

ثانيا ـ تقسيم الانسجة تبعا للمنشأ Origin فيطلق على الانسجة التى تنشأ من المرستيمات الابتدائية مصطلح الانسجة الابتدائية Primary tissues كتلك التى تنشأ من البشرة الاولية Protoderm أو المرستيم الاساسى ground meristem أو الكمبيوم الاولى Procambium . اما الانسجة المستديمة التى تنشأ من المرستيمات الثانوية فيطلق عليها الانسجة الثانوية Secondary tissues كالخشب الثانوي Secondary xylem واللحاء الثانوي secondary phloem اللذين ينشآن من الكمبيوم الوعائي الذى يمثل ـ بصورة جزئية ـ مرستيما ثانويا . ان مما تجدر الاشارة اليه ان الكمبيوم الحزمي Fascicular cambium هو نسيج مرستيمي ابتدائي من حيث المنشأ لانه بقية من الكمبيوم الاولى Procambium ولكن مع ذلك فان الخشب واللحاء اللذين يكونهما يعتبران نسيجين ثانويين .

ثالثا ـ تقسيم الانسجة تبعا للاستمرار الطوبوغرافي

-: Topographic continuity

وهو التقسيم الذى عمل به ساكس Sachs عام ١٨٧٥ عندمـــا صنف الانسجــة المكونــة لجســم النبــات الى انظمــة نسيجيــة Tissue Systems يمثل كل منها موقعا محددا في الجسم النباتي · وعلى هـــذا الاساس يمكن تمييز ثلاثة أنواع من الانظمة النسيجية فيجسم النبات هى:

١ ـ النظام النسيجي الضام Dermal tissue system

ويشمل جميع الانسجة التى تحيط بجسم النبــات ، وتتمثل بالبشرة Epidermis بالنسبة للاعضاء ذات النمو الابتدائي وبالبريدرم Periderm بالنسبة لمعظم الاعضاء التى عانــت تغلظا ثانويا كالسيقان والجذور المعمرة ·

٢ ـ النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system

ويشمل جميع انسجة الخشب واللحاء الموجودة في جسم النبات سواء كان ذلك ابتدائيا أم ثانويا ·

٣ ـ **النظام النسيجي الاساسى**

Fundamental or Ground tissue system

ويضم الانسجة المتبقية الواقعة بين النظامين النسجيين السابقين ، وهو يشمل القشرة Cortex والنخاع pith والاشعة النخاعية medullary rays في الســيقان والجـــذور والنسيج الاساسى Ground tissue في سيقان ذوات الفلقة الواحدة والنســيج الوسطي Mesophyll في الاوراق وما شاكل ذلك · ويمثل النســيج البرنكيمي parenchyma اهم مكونات هذا النظام ، وكذلك النســيج الكولنكيمي Collenchyma والسكلرنكيمي Sclerenchyma

رابعا ـ تقسيم الانسجة تبعا للتشابه الوظيفي

Physiologic similarity

هذا التقسيم يعتمد الوظيفة كاساس لتصنيف الانسجة وعلى ضوء التقسيم الوظيفي فان أنسجة النبات تقسم الى عدد من الانظمة أو الاجهزة الوظيفية

يرتبط كل منها بوظيفة معينة . وبموجب هذا النظام قد يشترك في جهاز واحد خلايا مختلفة تمام الاختلاف بالنسبة لحيوية البروتوبلازم أو طبيعة الجدار لكنها تعامل سوية كجهاز أو كنظام واحـــد على اساس وظيفي . وبموجب هذا التقسيم يمكن تصنيف الانسجة النباتيـة الى الانظمة النسيجية التالية :

١ ـ النظام النسيجي الضام (او الوقائي)
Dermal (or Protective) tissue system

ويشمل الانسجة التى تحيط بجسم النبات بجميع اعضائه سواء كانت في مرحلة النمو الابتدائي أو الثانوي . ويضم هـــذا النسيج البشرة خلال مرحلة النمـــو الابتدائي والبريدرم في الاعضاء المسنة . كما قد يدخل فيها طبقات واقعة تحت البشرة كما يحدث في الجذور مثلا عندما تتمزق بشرتها وتحل محلها خلايا مسوبرة واقعة في المناطق الخارجية من القشرة والتـي تقوم بوظيفة الوقاية .

٢ ـ النظام النسيجي الدعامي (أو الميكانيكي)
Supporting (or mechanical) tissue system

ويضم جميع الانسجة ذات الوظيفة الميكانيكية التى تكســب النبات متانة وقوة . وهو لذلك يشـمل النسيج السكلرنكيمي والنسيج الكولنكيمي بصفة رئيسية كما يضم أنسجة وخلايا اخرى كالقصيبات Trachieds وبموجب هذا النوع مــن التقسيم فان النسيج الكلولنكيمي والنسيج السكلرنكيمي قد عوملا كنسيج واحد اطلق عليه مصطلح ستريوم Stereome وذلك بناء على التشابه الفسلجي بينهما على الـــرغم مــن الاختـــلافات الكبيـــرة الموجودة بـــين النسيجين وطبيعـة البروتوبلاست والجدار في كل منها . وكان العالم هابرلانت Haberlandt أول من استخدم مصطلح الستيرويوم ليشمل النسيجين الكولنكيمي والسكرنكيمي على أساس وظيفي وذلك منذ عام ١٩١٨ م .

٣ ـ النظام النسيجي الناقل (او الوعائي)
Conducting (or vascular) tissue system

ويضم جميع انسجة الخشب واللحاء الموجودة في جسم النبات سواء في مرحلة النمو الابتدائي أو الثانوي

٤ ـ النظام النسيجي التمثيلي Photosynthetic tissue system

ويضم جميع الانسجة التى تمارس عملية التركيب الضوئي ويشمل الانسجة الحاوية على مادة الكلوروفيل الموجودة عادة في الاعضاء النباتية المعرضة للضوء . ويمثل النسيج الوسطى للورقة اهم مكونات هذا الجهاز كما وتشترك فيه أنسجة اخرى واقعة في الطبقات المعرضة للضوء من الساق والاعضاء النباتية الاخرى التى لم تعان تغلظا ثانويا .

٥ ـ النظام النسيجي الافرازي والاخراجي
Secretory and Excretory Tissue system

ويضم جميع الانسجة والخلايا والتراكيب التى تلعب دورا في عمليات الافراز أو الاخراج في النباتات أو في نقل مثل هذه المواد ضمن الجسم النباتي أو الى خارجه . وبالاضافة الى ماتقدم فان هنالك أنظمة نسيجية اخرى يمكن ان يتضمنها التقسيم على الاساس الوظيفي كتلك التى ترتبط بوظيفة التخزين او التهوية او ما شاكلها .

مما تقدم يتبين ان تصنيف الانسجة يختلف تبعا للاسس المعتمدة كأساس في عملية التصنيف . ويلاحظ ان بعضها يمكن ان يشكل مجموعة متماثلة حتى في حالة الاعتماد على أكثر من أساس واحد . فالنظام النسيجي الضام أو الوقائي مثلا يمثل مجموعة نسيجية كبيرة تجمع بين صفة الاستمرار الطوبوغرافي وبين التشابه الوظيفي مما جعل نفس النظام النسيجي مكرراً في اكثر من نظام واحد من أنظمة التصنيف ، وسنتبع عند شرحنا للانسجة المستديمة في لبنات نظام التشابه الوظيفي وعلى الشكل التالي :

الانسجة الضامة Dermal Tissues

يحاط الجسم النباتي من الخارج بطبقة واقيـــة تفصله عن محيطـه الخارجي وتقيه من الاضرار الميكانيكية أو الافراط في فقد الماء أو التعرض لمهاجمة الآفات الخارجية . ويطلق مصطلح الانسجة الضامة على مجمـــل الانسجة المحيطة بالجسم النباتي شاملا جميع اعضائه سواء كانت هذه الاعضاء في مرحلة النمو الابتدائي أو الثانوي . والانسجة الضامة تتمثل بالبشرة Epidermis خــلال فترة النمـــو الابتـــدائي وبالبريدرم Periderm في الاعضاء التي عانت تغلظا ثانويا ، حيث تتمزق فيهـــا البشرة عادة ويحل محلها نسيج ضام ثانوي هو البريدرم . وفيما يلـــي شرح لكل من النسيج الضام الابتدائي (البشرة) والنسيج الضام الثانوي (البريدرم) .

البشـــرة Epidermis

غالبا ما يستعمل مصطلح البشرة للدلالة على الطبقة الخارجية التـي تغلف جسم النبات الابتدائي بما في ذلك الجذر والساق والاوراق والبذور والأزهار والثمار . ونظراً لوجود بعض الفوارق التركيبية والفسلجية والنشوئية في الغالب بين بشرة الجذر من جهة وبشرة الساق وغيره من الاجـــزاء الهوائية من جهة اخرى فقد استعمل بعض الباحثين مصطلحات اخرى مثل Rhizodermis , Epiblem للدلالة على بشرة الجذر ، وذلـك تمييزا لها عن بشرة الساق - غير ان مفهوم البشرة بمعناه العام ســـوف يؤخذ به في معالجة هذا الموضوع تجنبـــا للتعقيد وتفاديا لاســـتعمال مصطلحات لا طائل تحتها . لذا فان مصطلح البشرة سيستعمل للدلالة على الطبقة الخارجية التي تغلف الجسم الابتدائي للنبات primary plant body بجميع اعضائه .

وخلايا البشرة البالغة حية واضحة النواة ذات سايتوبلازم رقيـــق وفجوات واسعة مملوءة بالعصير الخلوي . ويحيط بخلايا البشرة جدران

ابتدائية توجد بها حقول النقر الابتدائية Primary pit fields الحاوية على بلازمودزمات · وهي خالية من المسافات البينية مما يعيق مرور بخار الماء والغازات من خلالها الا عن طريق الثغور · وفي بشرة الاعضاء الهوائية يكون الجدار مشبعا بمادة الكيوتين الشمعية التى اما ان تتخلل الجدار او أن تضاف بشكل طبقة خارجية مستمرة هى الادمة cuticle · ويطلق على عملية اضافة مادة الكيوتين بالطريقة الاولى مصطلح التكيتن Cutinization ، اما عملية اضافة الكيوتين على شكل طبقة خارجية مستمرة فيطلق عليها التأدم (التكيتل) cuticularization وتوجد الادمة في بشرة الاعضاء الهوائية ، وهى معدومة تقريبا في الجذور والاعضاء الموجودة تحت التربة · والادمة اكثر سمكاً في النباتات الصحراوية Xerophytes عنها في النباتات متوسطة البيئة Mesophytes ، بينما تكون رقيقة جدا او معدومة في النباتات المائية Hydrophytes وقد تكون لخلايا البشرة في حالات معينة جدران ثانوية كما في أوراق بعض النباتات دائمة الخضرة Evergreens كالصنوبر (pine) Pinus وفي الاوراق الحرشفية لبعض الابصال ، وفي قصرة بعض البذور التي تتحول فيها خلايا البشرة الى خلايا متصلبة Sclereids

نشوء البشرة وفترة بقائها

يختلف نشوء البشرة باختلاف المجاميع النباتية · ففي النباتات الوعائية الواطئة ـ حيث توجد في القمة النامية خلية انشائية مفردة أو بضع خلايا انشائية منتظمة في طبقة واحدة ـ لا يوجد هنالك منشيء مستقل للبشرة ، بل تقوم خلية واحدة او بضع خلايا بتكوين جميع انسجة النبات · اما في النباتات الوعائية الراقية ـ حيث يوجد عدد من الخلايا الانشائية عادة في قمة الجذر أو الساق ـ فان طريقة نشوء البشرة تعتمد على كيفية انتظام الخلايا الانشائية في القمة النامية · ففي النباتات التى لا يوجد فيها تميز واضح الى طبقات مغلفة ـ كما في معظم عاريات البذور وبعض مغطاة البذور ـ فان البشرة هنا لا يكون لها منشيء

مستقل ، ولذا فإن معالمها لا تتضح الا على مسافة من النهايـــة القصوى للقمة النامية . وفي مثل هذه الحالات يمكن ان يطلق مصطلح البشـــرة الاولية Protoderm على الطبقة السطحية من القمـــة النامية التـي ستؤول الى البشرة فيما بعد ، وذلك بعد مرور البشرة الاولية في عملية التميز Differentiation لتكوين بشرة الاعضاء التى تشتق منها . كما ان عدم وجود منشيء مستقل للبشرة أمر مألوف في جذور معظـــم النباتات الوعائية ، حيث كثيرا ما تشترك البشرة في نشوئها مع القشرة أو مع القلنسوة أو كلتيهما .

اما في النباتات التى تتميز فيها قمة الساق الى طبقات مغلفة بشكل واضح ، فغالبا ما تنشأ البشرة من الطبقة المغلفة الخارجية كما هى الحال في معظم نباتات ذوات الفلقتين وكثير من نباتات ذوات الفلقة الواحدة . وفي مثل هذه الحالات تتكون البشرة نتيجة لحصول انقسامات عموديـــة Anticlinal في الطبقة المغلفة السطحية ، فيكون للبشرة بذلك منشيء مستقل ، وعندها تصبح الطبقة المغلفة الخارجية منسجمة مع مصطلـــح منشيء البشرة Dermatogen الذى استعمله العالم هانشتاين في نظريته المعروفة بنظرية نشوء الانسجة Histogen theory التـى ســـبقت الاشارة اليها .

وفي الجذر نادرا ما يكون للبشرة طبقة انشائية مستقلة . ويمكن ملاحظة ذلك في حالات معينة من ذوات الفلقة الواحدة وفي جذور بعض النباتات المائية ، حيث يكون في القمة المرستيمية للجذر أربع مناطـــق انشائية تتخصص احداها في تكوين البشرة .

فيما يخص الفترة الزمنية التى تبقى فيها البشرة محتفظة بكيانها ومستمرة في أداء وظيفتها فان ذلك يختلف باختلاف النباتات ويعتمد الى حد كبير على طبيعة نموها وعلى العضو الذى تحيط بـــه البشرة . ففي النباتات التى لا يحصل فيها نمو ثانوي تبقى البشـــرة عادة محتفظة بتركيبها ومؤدية لوظائفها طيلة فترة حياة الفرد . يشذ عن ذلك حالات

عديدة من ذوات الفلقة الواحدة التى على الرغم من عدم حصول تغلـظ ثانوي فيها فان البشرة تتصدع وتتساقط مع سقوط القلف bark وهنالك بعض الحالات قد تبقى البشرة سليمة لعدة سنوات على الرغم من حصول النمو الثانوي . ففي نبات القيقب او الاسفندان(maple) Acer مثلا تبقى البشرة سليمة في مناطق من الساق يصل عمرها الى ٢٠ سنة على الرغم من حدوث التغلظ الثانوي . وفي هذه الحالة تنقسم خلايا البشرة وتتسع في الاتجاه المماسى لكى تتماشى مع الزيادة في سمك الساق . الا انه في معظم النباتات التى تتغلظ تغلظا ثانويا تبقى البشرة سليمة وتؤدى وظيفتها لفترة حوالى العام الواحد ، وسرعان ما تفقد وظيفتها وتحل محلهـــا البريدرم بعد حصول النمو الثانوي .

البشرة البسيطة والمتضاعفة

توصف البشـــرة بانها بسيطة simple أو وحيـــدة الطبقـــة Uniseriate عندما تكون مؤلفة من صف واحد من الخلايا ومضاعفة double عندما تكون مؤلفة من صفين من الخلايا ومتضاعفة Multiple أو متعددة الطبقات multiseriate عنـــدما تتألف من عدة طبقات . والبشرة المكونة من اكثر من صف واحد من الخلايا مألوفة في عدد مـــن العوائل النباتية كالعائلة التوتية Moraceae التى ينتمى اليها جنس التين Ficus (شكل ٢–٢) العائلة الخبازية Malvaceae العائلة الفلفلية Piperaceae والنخيلية Palmae والسحلبية Orchidaceae وبعض النباتات الوعائية الواطئة كبعض السراخس Ferns . ويتراوح عدد الطبقات في هذه الحالات مابين ٢ ، ١٦ وهى تختلف باختلاف النباتات ومرحلة النمو والعضو النباتي . وتنشأ في البداية كطبقة واحدة ، ثـم تعانى خلاياها انقسامات موازية للسطح Periclinal مما يزيد مـــن عدد طبقاتها تدريجيا لحين وصولها الى العدد النهائي الذى قـــد يختلف حتى في العضو الواحد بين منطقة واخرى .

وظائف البشـــرة

يمكن تلخيص اهم الوظائف التى تقوم بها البشرة فيما يلي :

١ ـ الوقاية Protection :وتشــــمل الوقاية من الاضـرار الميكانيكية التى يتعرض لها النبات في محيطه الخارجي بفعل الرياح أو الامطار أو الرمال أو غيرها ، والوقاية ضد الحشرات والآفات الاخرى ، اضافة الى حفظ الانسجة الداخلية للنبات من فقد الماء المفرط . وتقوم بعض الزوائد الناشئة من البشرة بدور هام في مهمة الوقاية ، كما ان الافرازات التى تكونها بعض خلايا البشرة في نباتات معينة تقوم هي الاخرى بدور الوقاية نظرا لتركيب موادها المفرزة أو رائحتهـــا التى تعافها الحيوانات .

٢ ـ تنظيم عملية تبادل الغـــازات Exchange of gases تقوم الثغور الموجودة في البشرة بتنظيم تبادل الغازات بـــين الانسجة الداخلية للنبات والمحيط الخارجي في عمليتي التنفس والتركيب الضوئي . هذا بالاضافة الى تنظيم خروج الماء من النبات على هيئة بخار في عملية النتح Transpiration

٣ ـ تقوم البشرة في الجذور بوظيفة الامتصاص Absorption حيث يتم عن طريق خلايا البشرة امتصاص الماء والامــلاح المذابة فيه من التربة أو المحيط المائي الذي تتواجد فيه الجذور وتلعب الشعيرات الجذرية دورا أساسيا في هذا الصدد .

٤ ـ تحتوى البشرة في النباتات المائيـــة ونباتات الظل والنباتات التريدية على بلاستيدات خضر Chloroplasts تمكنها مـــن القيام بعملية التركيب الضوئي Photosynthesis

٥ ـ تكون خلايا البشرة حية وحاوية على نواة ، فانها غالبـــا ما تحتفظ بخاصيتها المرستيمية بصورة كامنة potentially meristematic لذا فانها في حالات كثيرة تساهم في تكوين المرستيمات

الثانوية Secondary meristem ففي نباتي الدفلة Nerium oleander والصفصاف Salix (willow) وكثير من نباتات العائلة الوردية Rosaceae كالورد Rosa والتفاح Pyrus malus (apple) وغيرها تعاني خلايا البشرة عملية فقدان التميز Dedifferentiation وتتحول الى خلايا مرستيمية هي الكمبيوم الفليني Phellogen (cork cambium) وذلك بعد حصول عملية التغلظ الثانوي .

أنواع خلايا البشرة Epidermal Cell Types

هنالك أنواع مختلفة من الخلايا يمكن ان تتركب منها البشرة . وتختلف هذه الخلايا عن بعضها في الشكل أو التركيب أو الوظيفة واكثر أنواع خلايا البشرة شيوعا في النباتات الراقية مايأتي (شكل ٥-١) :-

أولاً - الخلايا الاعتيادية للبشرة **Ordinary epidermal cells**

يمثل هذا النوع من الخلايا أكثر انواع خلايا البشرة شيوعا في معظم النباتات ، كما انها تعتبر أقل تخصصا من الانواع الاخرى . ويمثل هذا النوع من الخلايا الارضية التي توجد فيها بقية الانواع الاخرى من خلايا البشرة . وتختلف أشكال وحجوم الخلايا الاعتيادية للبشرة باختلاف النباتات والاعضاء ، وقد يختلف شكل الخلايا حتى في العضو الواحد باختلاف المناطق . وعلى العموم فانها غالبا ما تميل للشكل متساوي الابعاد Isodiametric او أن تكون مستطيلة او متمرجة عند فحصها سطحياً ففي أوراق نبات الفلفل تكون الخلايا متمرجة في المظهر السطحي : ومتمرجة متساوية الابعاد في أوراق العنب ، ومضلعة في بشرة ورق السوسن Iris وتكون خلايا البشرة مستطيلة عادة في الاعضاء التي تميل للاستطالة مثل سويق الورقة Petiole والحامل الزهري Peduncle والساق وغير ذلك من الاجزاء المستطيلة كما تلاحظ الخلايا الطويلة ايضا مصاحبة العروق في أوراق ذوات الفلقتين ومعظم ذوات الفلقة الواحدة . أما الشكل متساوي الابعاد فهو مألوف في التراكيب التي لا تميل الى الاستطالة

وتكون الاوراق متموجة في المظهر السطحي كما في كثير من أوراق ذوات

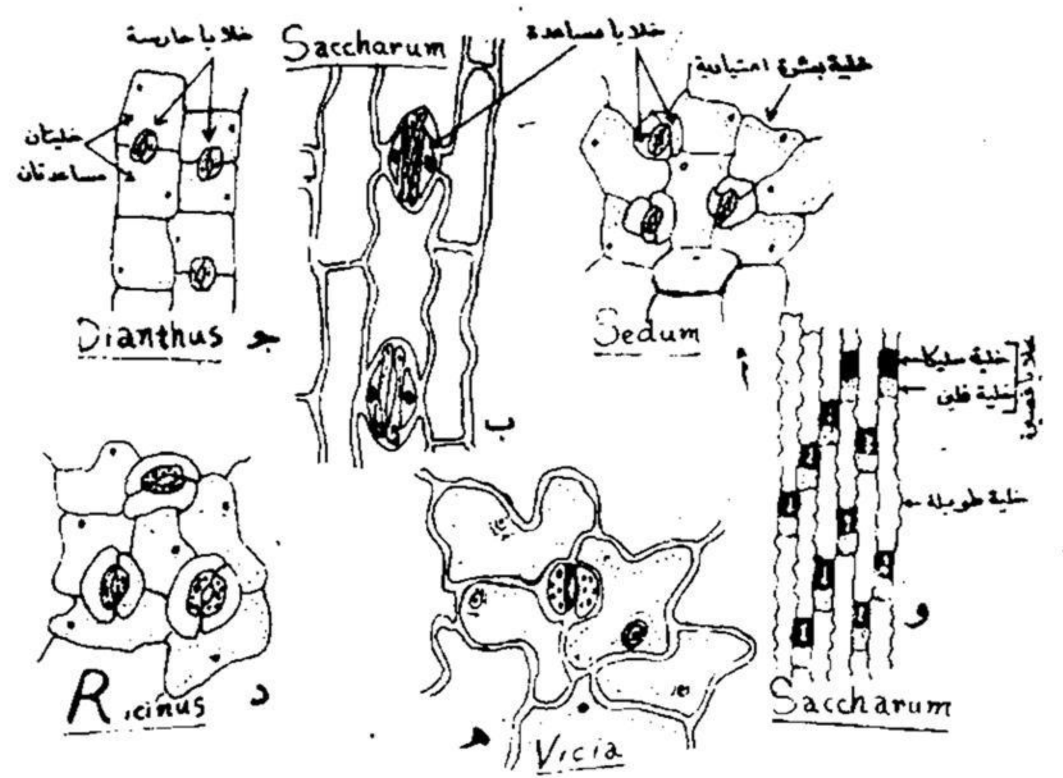
الفلقتين وكذلك في الاوراق الملونة للازهار. ويعتقد أن سبب التموج Undulation يرجع الى قوى الشد التي تتعرض لها البشرة خلال المراحل المبكرة من النمو والتكشف.

وخلايا البشرة الاعتيادية تكون خالية من البلاستيدات الخضر عادة. الا ان البلاستيدات تكون موجودة في نباتات الظل Shade plants وفي النباتات المائية Aquetic plants وكذلك في النباتات التريدية Pteridophytes ، وفي جميع الحالات فان وجود البلاستيدات الخضر يكون مقتصرا على الاجزاء الهوائية للنبات. وكما سبق فان خلايا البشرة الاعتيادية تكون خالية من المسافات البينية وتكون جدرانها الخارجية مغطاة بالادمة في الاجزاء الهوائية. وقد يتميز الجدار الخارجي الى طبقات ـ وخاصة في نباتات البيئة الجافة Xerophytes حيث تكون الطبقة الخارجية من الجدار غنية بالكيوتين وخالية من السليولوز ، والوسطى حاوية على مزيج من الكيوتين والسليولوز ، أما الداخلية فمكونة من السليلوز فقط. وقد يترسب الشمع Wax على سطح الكيوتيكل كما في ثمار العنب وسيقان قصب السكر. ويعتقد ان خيوط البلازمودزمات الموجودة في حقول النقر الابتدائية تلعب دورا هاما في تكوين الكيوتيكل حيث تنقل المواد من السايتوبلازم عبر الجدار الخارجي لخلايا البشرة.

٢ ـ الخلايا الحارسة Guard Cells

وهي الخلايا التي توجد على هيئة أزواج ضمن الانواع الاخرى من خلايا البشرة وكل زوج من هذه الخلايا يحيط بفتحة ويطلق حينئذ على الفتحة والخلتين الحارستين اسم الثغر Stoma ، ويفضل البعض استعمال مصطلح الجهاز الثغري Stametal apparatus بدلا من

الثغر غير أن مصطلح المعقد الثغري Stomatal Complex هو المصطلح الاكثر قبولاً في الوقت الحاضر ، ويستخدم للدلالة على الخليتين الحارستين والفتحة الموجودة بينهما اضافة الى الخليتين المساعدتين والخلايا المساعدة في حالة وجود النوع الاخير من الخلايا. والخلايا الحارسة خلايا متخصصة غالباً ما تبدو في المظهر السطحي كلوية الشكل kidney-shaped تقريباً وتتميز باحتوائها على بلاستيدات



(شكل (٥ ـ ١) بشرة منزوعة من الاوراق (أ الى هـ) ومن الساق (و) توضح التشكيلات المختلفة للخلايا الحارسة والمساعدة وخلايا البشرة الاعتيادية .

أ ـ متباينة الخلايا المساعدة في نبات سيدوم .

ب ـ النوع النجيلي في نبات قصب السكر

جـ ـ متعامد الخلايا في القرنفل .

د ـ متوازي الخلايا في الخروع .

و ـ بشرة غير متجانسة في ساق قصب السكر تظهر الخلايا الطويلة والخلايا القصيرة .

خضر وهي خلايا حية ذات سايتوبلازم ونواة وبها بروتوبلازم اكثر كثافة من خلايا البشرة الاعتيادية وتكون الجدران الجانبية رقيقة أما الجداران الخارجي والداخلي فسميكان وهذا الاختلاف في سمك جدار الخـــلايا الحارسة يلعب دورا هاما في قيام الخلايا الحارسة بمهمتها الرئيسية وهي فتح وغلق الثغور . ويلعب الضغط الازموزي للخلايا الحارسة دورا مهما في آلية فتح وغلق الثغور اضافة الى التسمك غير المنتظم في الجدران . فعندما تكون الخلايا الحارسة ممتلئة **Turgid** تنفتح الثغور اما اذا كانت في حالة انكماش Shrinkage نظرا لفقدها الماء فان الجدران الجانبية الرقيقة تصبح في حالة ارتخاء فتلتقي عند الفتحة وينغلق الثغر . وهنالك

عدد من النظريات التى تفسر آلية فتح الثغور وغلقها من بينها التغير في الضغط الازموزي نتيجة لعمليات تحول السكر الى نشا وبالعكس والرقم الهايدروجيني ph والضوء وغير ذلك من العوامل .

ويقتصر وجود الثغور عادة على بشرة الأجزاء الهوائيـة كالاوراق والسيقان الهوائية الفتية بينما تكون معدومة في الاجزاء التى تنمو تحت سطح التربة كالجذور ، لكنها موجودة في السيقان الريزومية Rhizomes أما في النباتات المائية المغمورة Submerged hydrophytes فالثغـور موجودة في بعضها ومعدومة في البعض الاخر - والثغور موجودة أيضـا في الاجزاء الزهرية الملونة ، الا انها غالبا ما تكون عديمة الوظيفة .

وتوجد الثغور عادة في مستوى البشرة الا انها قد تكون أحيانا تحت هذا المستوى ويقال عنها أنها غائرة Sunken كما في أوراق السوســن والصنوبر كما قد تكون مرتفعة عن مستوى البشرة قليلا كما في النباتات المائية وأوراق الفلفل والطماطة أو أن تكـــون موجودة في تجويف خفى كما في اوراق نبات الدفلة او في شقوق كما في سيقان نبات الرتم Retama وفي الحالتين تحيط بها شعيرات كثيفة تساعد على تقليل النتح وذلك عن طريق تهيئة جو مشبع بالرطوبة حول الثغور .

ومن حيث التركيب يمكن تميز ثلاثة انواع للمعقد الثغري :

١ ـ النوع العادي والاكثر شيوعا ويطلق عليه اســم نوع ذوات الفلقة الواحدة والفلقتين Monocot-Dicot type ويوجد في جميـع نباتات ذوات الفلقتين وفي جميع نباتات ذوات الفلقة الواحدة فيما عـدا فصيلتين همـــا العائلة النجيلية Gramineae والعائلة الســـعدية Cyperaceae وفي هذا النوع تكون الخلايا الحارسة كلوية الشكل في المنظر السطحى اما في المقطع الرأسي فتبدو الخلايا الحارسة مزودة بجزء قرني الشكل horn-like في الجهة الخارجية فقط أو الجهتين الخارجية والداخلية من الثغر . هذه الاجزاء تحدد من الخارج تجويفا يســـمى

بالتجويف الامامي Front cavity ومن الجهة الداخلية تجويفا اخـر يسمى بالتجويف الخلفي Back cavity وهذا الاخير يقع مابين فتحـة الثغر والغرفة الهوائية الداخلية والتي تقع داخل الثغر مباشرة ٠

٢ ـ النوع الثاني يوجـد في العائلتين النجيليـة والسـعدية Gramineae-Cyperaceae type وفي هذا النوع من المعقد الثغري تكون الخلايا الحارسة صولجانية أو دمبلية الشكل dumb-bell shaped في المنظر السطحي ٠ وتبدو الخلية ضيقة من الوسط ومتسعة ومنتفخة من الطرفين ٠ والجزء الوسطي الضيق سميك الجدار في حين يكون الطرفان المنتفخان رقيقا الجدار ويعتمد انفتاح وانغلاق الثغر في هذا النوع على شكل الخلية الحارسة والتغلظ غير المتجانس في جدارها ٠ فعند امتـلاء الخلية تنتفخ الاطراف رقيقة الجدر دون الجزء الوسطى سميك الجدار فينفتح الثغر ٠ اما في حالة قلة الضغط الازموزي فيقل انتفاخ الاجزاء الطرفية وتتقارب الاجزاء الوسطية السميكة من الخلايا الحارسة وينغلق الثغر ٠

٣ ـ النوع الثالث من انواع العقد الثغري يوجد في النباتات المخروطية Coniferales ومنها الصنوبر Pinus ٠ ويسمى هذا النوع باسم نوع عاريات البذور Cymnosperm type . والمعقدات الثغرية في هذه الحالة غائرة Sunken ومزودة بخلايا مساعدة subsidiary cells . وتبدو الخلايا الحارسة في المقطع الرأسي في وضع مائل كما ان جدرها مغلظة في بعض اجزائها ورقيقة في البعض الاخر ٠ ويعتمد انفتاح الثغر وانغلاقه عـلى طريقة تغلظ جدر الخلايا الحارسة ووضع الخلايا المساعدة بالنسـبة للخلايا الحارسة ٠

ومما تجدر الاشارة اليه أن الخلايا الحارسة قد تكون متصلة مباشرة بخلايا البشرة الاعتيادية كما في أوراق نبات الباقـلاء Vicia faba أو أن يكون اتصالها بالبشرة عن طريق خلايا متميزة عن بقية خـلايا البشرة وهى الخلايا المساعدة subsidiary cells ٠ وتبعا لوجود أو

عدم وجود الخلايا المساعدة في المعقد الثغري وكذلك طريقة اتصالها بالخلايا الحارسة وعددها فقد قسم المعقد الثغري الى طرز مختلفة اهمها (شكل ٥ ـ ١) : ـ

أ ـ الطراز الشاذ Anomocytic type ويسمى ايضا Ranunculaceous type وفيه لا تتميز في البشرة خلايا مساعدة كما في الباقلاء ، اذ تكون الخلايا الحارسة متصلة مباشرة بالخلايا الاعتيادية للبشرة .

ب ـ الطراز متباين الخلايا Anisocytic type ويسمى ايضا Cruciferous type ويتميز بوجود ثلاث خلايا مساعدة أو أكثر تكون احداها صغيرة وتتدرج الاخريات في الحجم ، كما في الفجل Raphanus والمنثور Matthiola وكثير من نباتات العائلة الصليبية .

ج ـ الطراز متوازي الخلايا Paracytic type ويسمى ايضا Rubiaceous type وفيه تكون هناك خليتان مساعدتان موازيتان للخليتين الحارستين ولفتحة الثغر كما في أوراق نبات الخروع Ricinus communis وانواع كثيرة من عائلة المديد Convolvulaceae والبقوليات Papilionaceae والبقمية Mimosaceae

د ـ الطراز متعامد الخلايا Diacytic type ويسمى ايضا Caryophyllaceous type وفيه تكون هناك ايضا خليتان مساعدتان تتعامد فيها الجدر المشتركة مع الخلايا الحارسة على اتجاه فتحة الثغر . كما فى نبات القرنفل Dianthus وهو شائع ايضا في بقية نباتات العائلة القرنفلية Caryophyllaceae

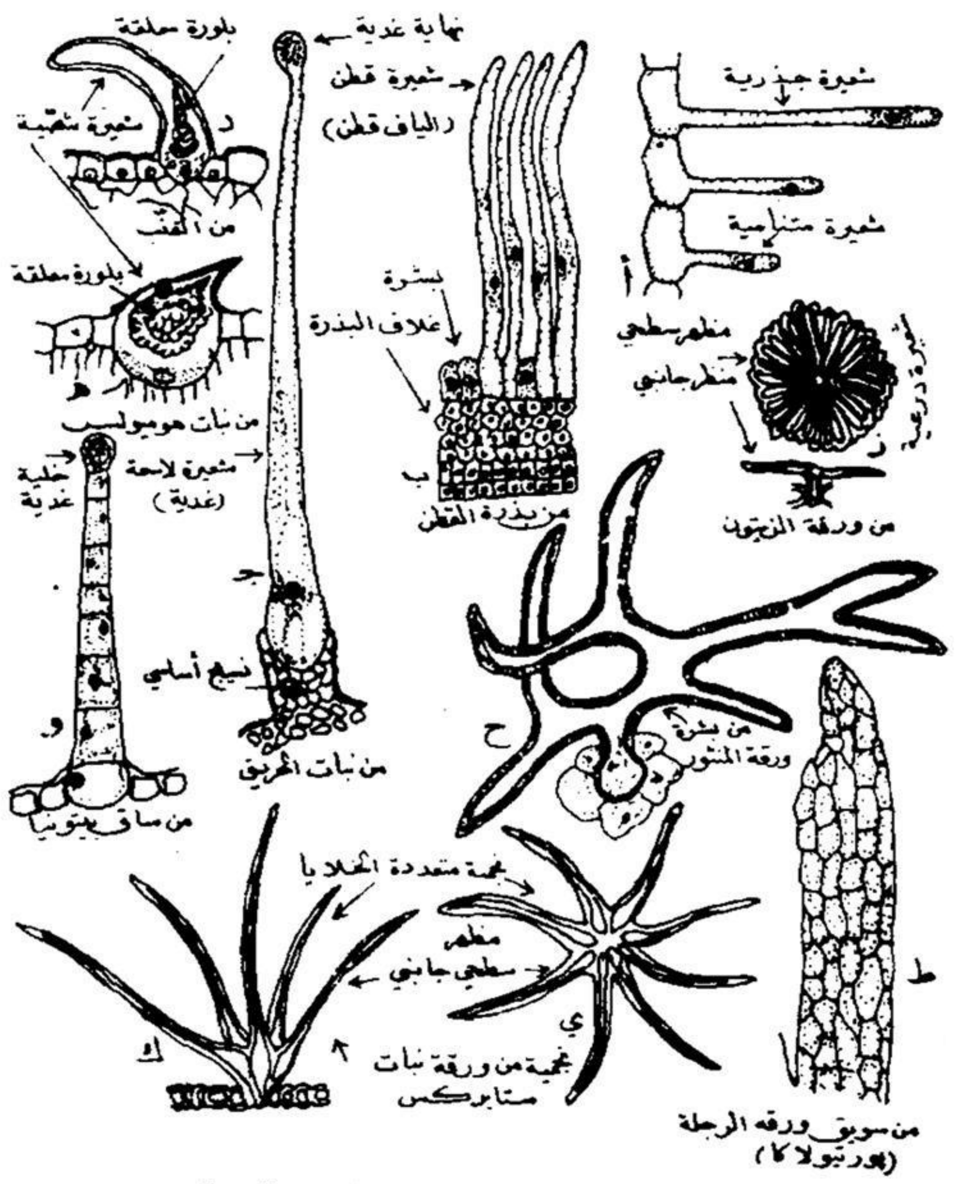
هـ ـ الطراز شعاعي الخلايا Actinocytic type وفي هذا الطراز يحاط الثغر بعدد من الخلايا المساعدة منتظمة بشكل نجمي او شعاعي كما في ورد الجوري **Rosa**

ثالثاً- شعيرات البشرة Epidermal Hairs
أو الترايكومات or Trichomes

تحتوى البشرة في احوال كثيرة على زوائد سطحية او شعيرات مشتقة من خلاياها وتختلف اختلافا كبيرا من حيث الشكل والتركيب والوظيفية ولعل أبسط أنواع هذه الزوائد هى تلك التى تأخذ شكل نتوءات صغيرة يبرز كل نتوء منها عن الجدار الخارجي للخلية البشرية وتنتشر هـــذه الحليمات Papillae في الاوراق الملونة للازهار مثل ازهار الورد والياسمين والشمعدان Geranwm وفي هذه الحالات تفرز خلايا البشرة زيوتاً طيارة تتبخر بالتدريج وتعطي الروائح المعروفة عن هذه الازهار ٠

اما الزوائد الاكثر انتشارا فهي تلك التي تمتد فيها خلايا البشرة لتكون شعـــيرات hairs تنتشر عـــلى الاعضاء المختلفة لجسم النبـــات أو انها تقتصر على عضو دون سائر الاعضاء ٠ كما انها قد تظل حيـــة لفترة طويلة محتفظة بمحتوياتها البروتوبلازمية أو أن تموت خلاياهـــا وتمتلىء بالهواء ٠ ومن حيث الشكل فقد تكون الشعيرة وحيدة الخليـــة بسيطة كما في نبات كيس الراعي Capsella وكما هي الحال في الشعيرات الجذرية بوجه عام ٠ وقد تكون وحيدة الخليـــة متفرعة كما في نبـــات المنثـــور Matthiola ٠ والشعيرات عديدة الخلايا قد تكون بسيطة ومكونة من صف واحد من الخلايا uniseriate كما في شعيرات القرع Cucurbita والداتورة Datura وورد الجوري Petunia ، او قد تكون من عدة صفوف من الخلايا Multiseriate كما في نبات البجونيا Begonia ، كما انها قـــد تكون متفرعـــة كما في نبـــات اذان الـــدب Verbascum ونبـــات الجـــذر Platanus ٠ وقد تنتهى الشعيرة عديدة الخلايا بخلية غدية طرفيـــة منتفخة كما في نبات الشمعدان أو بعدة خلايا مكونة رأسا غدية في نهاية الشعيرة كما في نباتات العائلة الشفوية Labiatae وتسمى الشعيرات في هذه الحالة بالشعيرات الغدية Glandular hairs وهذه الخلية أو

الخلايا الطرفية تقوم بوظيفة افرازية . وقد تأخذ الشعيرة شكل قرص عديد الخلايا مسنن الحافة يخرج من طبقة البشرة بواسطة عنق قصير من خلية واحدة أو أكثر ثم ينبسط القرص على سطح البشرة وهذا النوع من الشعيرات تتميز به اوراق الزيتون (olive) **Olea** واوراق نخيل الدوم **Hyphaene** وتسمى الشعيرة في هذه الحالة بالشعيرة القرصية **peltate**



شكل (٥ ـ ٢) انواع مختلفة من الشعيرات والزوائد البشرية .

وهنالك نباتات متسلقة تظهر عليها الشعيرات باشكال مختلفة فبعضها يتخذ مثلا شكل الشعر **Hook-like** بغرض المساعدة في عملية التسلق

كما هي الحال في نبات اللزيج **Galium** وتسمى الشعيرات في هذه الحالة شعيرات متسلقة Climbing hairs .

وتتخصص بعض الشعيرات في وقاية النبات من حيوانات الرعي وتسمى هذه الشعيرات بالشعيرات اللاسعة **Stinging hairs** كتلك الموجودة على سطح نبات الحكّيك **Urtica** . وفي هذه الحالة ترتكز كل شعيرة على عنق عديد الخلايا يحيط بقاعدتها المنتفخة ، والتي تحتوي على سائل لاذع حاوٍ على الهستامين Histamine والأسبتيل كولين Acetylcholine . أما الجزء الطرفي من الشعيرة فمدبب سميك الجدار ينتهي برأس دقيق منتفخ ، جدار هذا الجزء يحتوي على مادة السليكا في الجزء العلوي منه ، ومكلّس في الجزء السفلي . وبمجرد أن يحتك جسم الحيوان بالنبات ينكسر الرأس الدقيق الموجود بقمة الشعيرة وتتحول الشعيرة الى ابرة دقيقة تخترق جسم الحيوان . وبالضغط الحادث نتيجة احتكاك جسم الحيوان تنضغط القاعدة المحتوية على السائل اللاذع ، فيندفع السائل الى جسم الحيوان ويحدث به الألم والحكة (شكل ٥ ـ ٢) .

رابعاً : الخلايا المساعدة **Subsidiary cells**

كثيراً مايشارك في المعقد الثغري خليتان او اكثر من الخلايا المتميزة مورفولوجيًا عن باقي خلايا البشرة ، تتصل مباشرة بالخليتين الحارستين من جهة وبباقي خلايا البشرة الاعتيادية من جهة اخرى ، يطلق عليها الخلايا المساعدة Subsidiary cells . وقد تكون الخلايا المساعدة معدومة في المعقد الثغري كما في نبات الباقلاء **Vicia faba** ، الا أنها كثيراً ماتكون موجودة في الكثير من مغطاة البذور وعاريات البذور . وكما سبق فان وجود الخلايا المساعدة او عدمه ، وعددها ان كانت موجودة وطريقة ترتيبها ، جعل بالامكان تصنيف المعقد الثغري الى طرز مختلفة . اما فيما يخص نشوء الخلايا المساعدة ، فغالباً ما يكون نشوؤها من خلايا من البشرة الأولية Protoderm محاذية للخلايا الدم للخلية الحارسة Guard mother cell . لكن قد يكون لها منشأ مشترك مع الخلية الحارسة . اي ان الخلية الحارسة والخلية المساعدة المحاذية لها تنشآن من خلية واحدة . وعلى هذا الاساس يُصنف المعقد الثغري الى :

أ ـ وسطي المنشأ mesogenous عندما تنشأ الخليتان الحارستان والخليتان المساعدتان (والخلايا المساعدة) من منشأ واحد .

ب ـ محيطية المنشأ Perigenous عندما تنشأ الخليتان المساعدتان من خليتين من خلايا البشرة الاولية مجاورتين للخليتين الحارستين .

جـ ـ مختلطة المنشأ Mesoperigenous عندما تنشأ بعض الخلايا المساعدة من منشأ مشترك مع الخليتين الحارستين ، بينما تنشأ خلايا مساعدةَ اخرى من منشأ مختلف .

ويرى بعض الباحثين ان وجود الخلايا المساعدة وعددها لاتقتصر فائدته على الأهمية في الجوَانب التصنيفية للنبات فحسب بل تتعدى ذلك لتشمل اهميتها في تحديد العلاقات التطورية بين المجاميع النباتية .

خامساً : الخلايا المحركة Bullifor cells (motor cells)

خلايا واسعة الحجم ، رقيقة الجدران ، موجودة في العائلة النجيلية Gramineae وعدد من نباتات ذوات الفلقة الواحدة عدا مجموعة Helobiae ، حيث تفتقر نباتات المجموعة الأخيرة لهذا النوع من الخلايا . وتتميز جدرانها الابتدائية الرقيقة بكثرة السليلوز والمواد البكتية Pectic substances فيها ، كما انها تكون حاوية على مادة الكيوتين Cutin ، كما قد تكون جدرانها الخارجية مغطاة بطبقة الادمة Cuticle . كما تتميز الخلايا بكونها حية ، واسعة الفجوات ، وخالية من البلاستيدات الخضر عادة . وغالباً ما تكون الخلايا المحركة على هيئة اشرطة متوازية parallel Strips من المناطق الواقعة بين العروق لبشرة السطح العلوي للورقة Abaxial (or upper Surface) ونادراً ما يكون وجودها على السطح السفلي Adaxial (or lower Surface) . وفي حالات نادرة قد تشكل الخلايا المحركة جميع خلايا السطح العلوي للورقة ، او ان تكون بهيئة اشرطة يمثل الحالة الغالبة . وفيما يخص الوظيفة او الوظائف التي تقوم بها الخلايا المحركة ، هنالك عدة آراء بهذا الشأن . فهنالك رأي يؤكد بأن أهمية هذه الخلايا ترتبط اساساً بالمساعدة على انبساط الاوراق خلال فترة التكشف للاوراق عند تكونها في القمم النامية للساق ، اي انبساطها خلال فترة نمو الاوراق من براعمها ontogeny . اما الرأي الثاني فيؤكد اهمية هذا النوع من الخلايا في بسط unpolding وكمي folding الاوراق خلال الطقس الرطب والجاف على التوالي . ان احتواء الخلايا المحركة على كميات كبيرة من الماء تجعلها تفقد الكثير من مائها عند الجفاف ، فيصغر حجمها ، وبالتالي تعمل على طي الورقة والتفافها مما يعمل على التقليل من سرعة النتح Traspiration . اما في حالة الجو الرطب ، فتكون ممتلئة Turgid . اما أو منتفخة مما يعمل على انبساط الاوراق وعودة عمليةّ النتح الى حالتها الطبيعية . اما الرأي الثالث فيرجع الى الخلايا المحركة وظيفة خزن الماء . وبعض النظر عن ترجيح اي من هذه الوظائف المقترحة للخلايا المحركة ، فقد تكون جَميع هذه الوظائف او بعضها مقترن بهذا النوع من الخلايا .

سادساً : خلايا البلورات المعلقة Lithocytes

خلايا متخصصة من خلايا البشرة ، تتميز بسعة حجمها ، واحتوائها على نوع خاص من البلورات يطلق عليه البلورة المعلقة Cystolith . وتتميز البلورة المعلقة بكونها مركبة من جسم البلورة Body المؤلف اساساً من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، ومن عنق Stalk مؤلف اساساً من مادة السليلوز Cellulose حيث يجعل جسم البلورة معلقاً بالجدار الخارجي للخلية الحاوية عليها بواسطة العنق . وخلايا البلورات المعلقة هذه يطلق عليها ايضاً كيس البلورة المعلقة Lithocyst ، وهي وان كانت غالباً ماتوجد ضمن خلايا البشرة ، الا انها قد تكون احياناً موجودة ضمن النظام النسيجي الضام Ground tissue system حيث قد توجد في خلايا برنكيمية في منطقة القشرة او سواها . ان البلورات المعلقة مألوفة في العوائل النباتية التالية :
العائلة الأقنثية Acanthaceae ، والتوتية Moraceae ، والقُدّاحية (او الحرُيقيّة) Urticaceae ، والقثائية Cucurbitaceae .

سابعاً : خلايا السليكا Silica cells وخلايا الفلين Cork cells

في اوراق العديد من نباتات العائلة النجليلية Gramineae كثيراً ماتكون خلايا البشرة غير متجانسة الحجم . اذ فضلا عن الخلايا الحارسة Guard cells ، والخلايا المساعدة subsidiary cells ، فإن الخلايا الاخرى من البشرة تتميز الى خلايا طويلة long cells ، وخلايا قصيرة short cells . وتتميز الخلايا القصيرة بدورها الى خلايا السليكا silica cells التي تتميز بكونها غنية بمادة السليكا التي تكون موجودة في داخل الخلايا على هيئة حبيبات صغيرة متجانسة ضوئياً optically isotropic من مادة السليكا ، وخلايا الفلين Cork cells التي تتميز بكون جدرانها مشبعة بمادة السوبرين Suberin المميزة للخلايا الفلينية . كما ان خلايا الفلين هذه تتميز بكون العديد منها يكون حاوياً على اجسام عضوية صلبة بداخلها . ان الخلايا القصيرة قد تحمل احياناً حليمات papillae ، أو هُلب setae . أو أشواك spines أو شعيرات hairs .

لقد وجد ميكالف Metcaife عام ١٩٦٠ ان خلايا الفلين في العديد من النباتات يمكن ان تحوي اجسام سليكا . وإن خلايا السليكا لايقتصر وجودها على نباتات العائلة النجيلية ، اذ وجد العالم ميكالف ذاته عام ١٩٦٣ أن الخلايا المتخصصة الحاوية على السليكا موجودة أيضاً في العائلة السُعديّة Cyperaceae ومن بعض النباتات الاخرى من ذوات الفلقة الواحدة . ومما تجدر الاشارة اليه بهذا الصدد ان الخلايا الطويلة قد تحتوي هي الأخرى مواد السليكا .

ثامناً : ألياف البشرة Epidermal fibers

في بعض السرخسيات Pteridophytes ، وبعض عاريات البذور Gymno-sperms ، وفي عدة أجناس من العائلة النجيلية Gramineae وبعض ذوات الفلقتين Dicotyledons تتكون في البشرة خلايا شبيهة بالالياف Fiber-like cells تتكون نتيجة تصلب Sclerification خلايا البشرة نتيجة لحصول عملية التلكنن Lignification في جدرانها ، أو قد تضاف كذلك مادة الكيوتين للجدار ، أو يبقى الجدار سليلوزياً .

تاسعاً : خلايا المايروسين Myrosin cells

خلايا منعزلة idioblasts موجودة في البشرة ، غنية بانزيم المايروسين Myrosin enzyme . وتتميز هذه الخلايا بكونها واسعة الحجم ، وذات طبيعة غدية ، غنية بانزيم المايروسين ، تصطبغ بالأحمر لدى المعاملة بكاشف ميلون Millon test ، وبالنفسجي لدى المعاملة بمحلول الأورسين orcein solution وحامض الهايدركلوريك المركز Conc. HCl . ان خلايا المايروسين مألوفة في بشرة بعض نباتات العائلة الصليبية Cruciferae . وقد تكون خلايا المايروسين طويلة أو متفرعة .

عاشراً : الخلايا الأفرازية Secretory cells

خلايا حية متخصصة تقوم بافراز مواد عضوية غالباً كالمواد الدباغية Tannins ، والهلام mucilage ، والصموغ Gums ، والرحيق Nectar وغيرها . وكثيرا ماتكون الخلايا الغدية glandular أو الافرازية الموجودة في البشرة مقترنة مع الشعيرات الغدية ، او ان تكون بهئية خلايا منعزلة افرازية Secretory idoblasts ، او كسطوح غدية glandular surfaces ، أو بهئية تراكيب اكثر تعقيداً قد تسهم فيها البشرة فقط أو البشرة وطبقات اخرى تابعة للنظام النسيجي الاساسي Cround Tissue system او في مناطق أعمق . والخلايا الأفرازية تكون عادة عزيرة السايتوبلازم ، غنية بالميتاكوندريا rich in mitochondria والشبكة الاندوبلازمية ER ، ومعقد كولجي Colgi complex ، وحاوية من سايتوبلازمها على عدد من التراكيب الحوصلية Vescicular structures . والخلايا الافرازية الموجودة في البشرة سواء كانت بهيئة خلايا منعزلة أو بصيغ اخرى ، قد تكون موجودة في الأجزاء الزهرية ، او في بشرة البذور أو الثار أو الأوراق أو باقي الأجزاء الخضرية الاخرى للنبات .

ان للخلايا الافرازية أهمية تصنيفية . Taxonomic significance حيث ان وجود الخلايا أو التراكيب الافرازية ـ في البشرة أو في غيرها من الانسجة ـ وكذلك طبيعـة المواد التي تكونها ، تعتبر ذات أهمية بالغة لكونها تشكل بعضاً من الصفات المميزة لبعض العوائل النباتية أو المجموعات التصنيفية Taxons الاخرى .

ولا يفوتنا ان نشير الى الثغور المائية hydathodes التي تقع ضمن خلايا البشرة الافرازية التي يتم خلالها فقد الماء بهيئة محلول سائل ، بدلاً من فقده بهيئة بخار ماء كما يجري من المعقدات الثغرية الاعتيادية . ويطلق على عملية فقد الماء (مع بعض الاملاح المذابة فيه) بشكل سائل مصطلح الادماع Guttation . وسوف يجري شرح الثغور المائية لاحقاً من الباب الثاني من مبحث الخلايا والانسجة الافرازية ص ١٥٤ .

البريـــدرم Periderm

من ابرز النتائج المتسببة عن التغلظ الثانوي الناتج عن نشـــاط الكمبيوم الوعائي في سيقان وجذور عاريات البذور وكثـــير من ذوات الفلقتين هى الزيادة الملحوظة في سمك العضو النباتي الذى يحصل فيـه التغلظ الثانوي ، مما يسلط ضغطا كبيرا على البشرة والاجزاء الخارجية من القشرة • وكنتيجة حتمية لذلك فان البشرة والجزء الخارجي مـــن القشرة تتمزق في معظم النبـاتـات ، ، وبـالتـالي فـان البشرة تفقـد وظيفتهـا الوقائية كنسيج ضام • لذا يصبح من الضروري التعويض عن البشـرة بنسيـج ضـام يقوم البشرة الممزقـة وهــذا النسيـج هو البشرة المحيطـة .
فالبريدرم نسيج وقائي ثانوي المنشأ ، يحل محل البشرة في الاعضاء التى تعانى تغلظا ثانـــويا • وتعتبر ســيقان وجــذور عاريات البــذور Gymnosperms وذوات الفلقتين الخشبية Woody Dicotyledons من أهم النماذج التى تتكون فيها البريدرم • اما في أوراق معظم النباتات فلا وجود للبريدرم ، عدا حالات نادرة كما في الحراشـف Scales التى تحيط بـ اعم الشتوية حيث يمكن ان تتكون فيها البريدرم • وقد

تتكون البريدرم ايضا في بعض ذوات الفلقتين العشبيةخاصة في الاجزاء المسنة من الجذور والسيقان ، وكذلك في بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة .
واضافة لذلك فان البريدرم تتكون ايضا في مناطق انفصال الاعضاء النباتية Abscission zones كالاوراق والفروع والثمار ، وأسفل مناطق الجروح Wounds والانسجة الميتة أو المناطق المصابة ببعض الحشرات أو غيرها من الآفات .

وبالنظر لكون الفلين غير منفذ للماء والغازات فان الطبقات الواقعة خارج البريدرم تموت عادة ، وغالبا ما تسقط على شكل قلف bark بين فترة واخرى . وقد تبقى هذه الطبقات لفترة طويلة على النبات .
وفي سيقان بعض النباتات قد لا تكون طبقة بريدرم الا مرة واحدة ، حيث تبقى البريدرم السطحية مؤدية لوظيفتها الوقائية طيلة حياة النباتات كما في جنس Fagus . أما في بعض انواع الجوز Walnuts والمشمش Apricot فتحتفظ الساق بقلفها السطحي الناعم لفترة تتراوح بين ٢٠ ، ٣٠ سنة ، بينما يلاحظ ان ثاني طبقة بريدرم يبدأ تكوينها في اشجار التفاح والكمثرى Pyrus communis (pear) بين السنتين السادسة والثامنة من عمر الساق . وفي نبات القيقب أو الاسفندان Acer (maple) تبقى البشرة مؤدية لوظيفتها الوقائية دون تكوين البريدرم حتى في مناطق من الساق قد يزيد عمرها عن ٢٠ سنة .

وتتميز البريدرم عادة الى طبقات ثلاثة هي من الخارج الى الداخل الفلين Phellem Cork or ، الكمبيوم الفليني Cork cambium or phellogen والقشرة الثانوية أو القشرة الثانوية Phelloderm . وتتكون الطبقة الخارجية (الفلين) والطبقة الداخلية (القشرة الداخلية) بفعل نشاط الطبقة الوسطى (الكلميوم الفليني) .

الكمبيـوم الفلينـي Phellogen or Cork Cambium

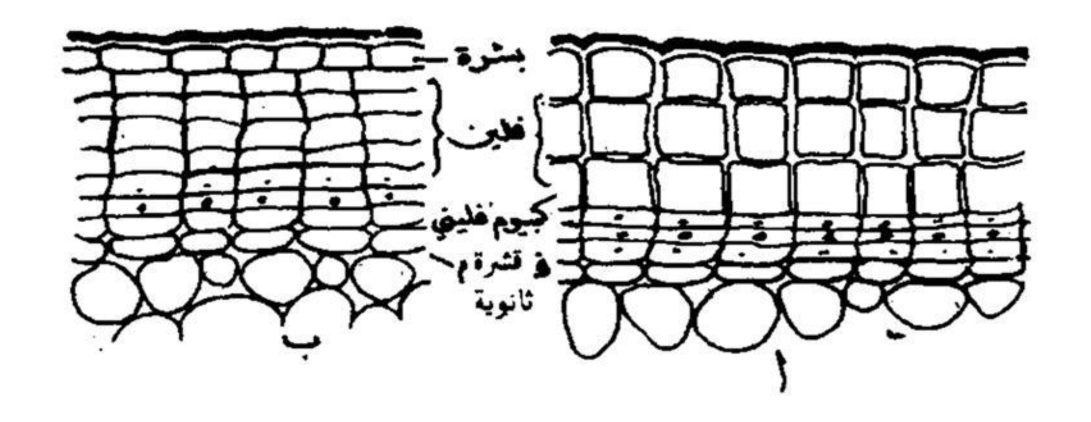
تقوم طبقة الكمبيوم الفليني بتكوين الفلين كما انها تقوم بتجديده باستمرار كلما تهتك جزء منه . ويعتبر الكمبيوم الفليني مرستيما ثانوياً نموذجيا Secondary meristem اذ انه يتكون نتيجة تحول خلايا مستديمة خلال عملية فقدان التميز Dedifferentiation . كما انه يمثل مرستيما جانبيا Lateral meristem اذ انه يقع موازيا لسطح الساق أو الجذر وينقسم باتجاه مماسى Tangential عاملا على زيادة جسم النبات في السمك بنفس الطريقة التى يتبعها الكمبيوم الوعائي . ويوصف الكمبيوم الفليني بكونه خارجي المنشأ Endogenous في الساق عادة ، وداخلي المنشأ Exogenous في الجذر . فقد ينشأ أول كمبيوم فليني في الساق من المناطق الخارجية من القشرة كما هى الحال في معظم النباتات ، أو أن ينشأ من البشرة ذاتها كما في سيقان الدفلة Nerium والصفصاف Salix (willow) والبلوط Quercus suber وكثير من نباتات العائلة الوردية Rosaceae كالورد Rosa والتفاح Pyrus malus (apple) . وعلى الرغم من أن أول كمبيوم فليني يكون خارجي المنشأ في سيقان معظم النباتات المعمرة ، الا انه يتكون فيما بعد كمبيوم فليني بين فترة واخرى في مناطق أعمق فأعمق حتى يصل الى منطقة اللحاء الثانوي ، بل وحتى في منطقة الخشب . فيطلق عليه في الحالة الاخيرة كمبيوم فليني بين خشبي Intraxylary phellogen ، كما في بعض فصائل ذوات الفلقتين .

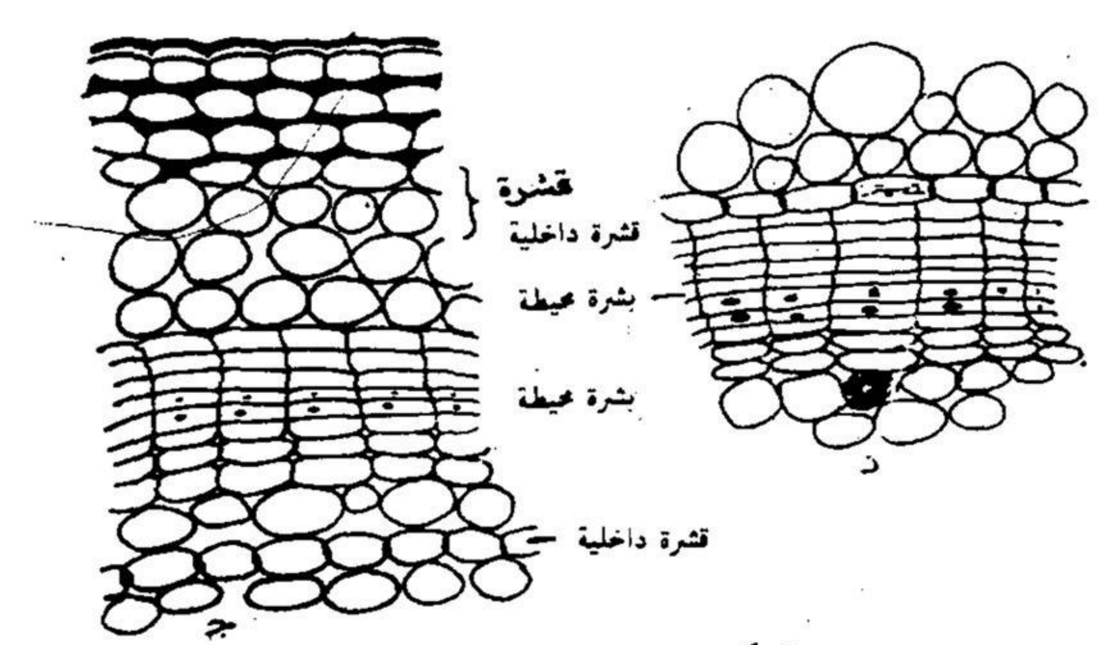
وتجدر الاشارة الى أن الكمبيوم الفليني قد ينشأ في بعض السيقان من طبقة تحت البشرة Hypodermis كما في ساق الشمعدان **Geranium** وساق الغَرَب **Populus** . وقد ينشأ من طبقات القشرة الخارجية كما في جنس **Ulmus** وجنس **Magnolia** والكستناء **Castanea** (chestnut) والجوز **Juglans** (walnut) وكثير غيرها . وفي كثير من النباتات الخشبية ينشأ الكمبيوم الفليني في من الطبقات الداخلية من القشرة كما في نبات البربري **Berberis** .

اما في الجذر فان نشوء أول كمبيــــوم فليني يكون عادة داخليـــا endogenous حيث يتم نشوؤه في جذور معظم النباتات المعمرة مـــن ذوات الفلقتــين وعاريـات البـذور من الـبريسكيـل أو الـدائرة المحيطـة Pericycle كما في جذر التين البنغـالي *Ficus benghalensis* وجذور الصبير *Opuntia* وكثير غيرها ٠ الا انه قد ينشأ من الطبقات الداخلية من القشرة كما في جذر القطن *Gossypium* (cotton)

وبغض النظر عن موقع الكمبيوم الفليني فان الطريقة التى ينشأ بها تكون متشابهة في الجذر والساق ٠ فالخلايا الحيـــة ـ التى هى في طريقها الى التحول الى الكمبيوم الفليني ـ تعانى انقسامين متتاليين ، عن طريق جدارين محيطين Periclinal walls في كل خليـــة متحولة ٠ وينتج عن الانقسام الاول تكوين خليتين تتحول الداخلية منها الى قشرة ثانوية Phelloderm بينما تبقى الخارجية مرستيمية ٠ وتنقسم الخليـــة الخارجية بجدار محيطي Periclinal ايضا مكونة خليتين ، تصبـــح الداخلية منهما احدى خلايا الكمبيوم الفليني بينما تتحول الخارجية الى خليـة مستـديمـة تمثـل واحـدة من اولى خـلايـا الفلـين الـتي تشترك في أول طبقة من طبقات الفلين تكوينا ٠ وهذا يعني انه بينما تبقى الخليـة الوسطية مرستيمية (وتمثل خلية من خلايا الكمبيوم الفليني) فان كلتا الخليتين الاخريين (الخارجية والداخلية) تفقدان قابليتهما المرستيمية ، وتسيران في طريق التميز Differentiation ثم تتحولان الى خليتين مستديمتين ٠

وبانقسام خلايا الكمبيوم الفليني بجدران محيطية ، تتكون خلايا فلينية نحو الخارج بصورة مستمرة ، وتنتظم خلايا الفلين هذه في صفوف قطرية بحيث يمكن تتبع كل صف من هذه الصفوف الى الخلية التى كونته في الكمبيوم الفليني ٠ ويحدث ان يكون التميز لخلايا الفلين الى الخارج اكثر حصولاً من التميز الى خلايا القشرة الثانوية للداخل وبذلك تتكون عدة طبقات من الفلين مقابل طبقة أو طبقتين فقط من القشرة الثانوية .





شكل (٥-٤) منشأ الكمبيوم الفليني والبشرة المحيطة :-
أ- من البشرة في ساق الدفلة .
ب- من تحت البشرة في ساق الشمعدان
جـ - من الطبقات الداخلية من البشرة .
د- من الدائرة المحيطة في الجذر الهوائي للتين البنغالي

والكمبيوم الفليني مرستيم جانبي Lateral meristem ذي منشأ ثانوي - كما سبق - وهو أبسط نسبياً من حيث التركيب مقارنة بالكمبيوم الوعائي الذي يتميز فيه نوعان من الخلايا هما الاصول الشعاعية Ray Initials والاصول المغزلية Fusiform initials في حين يتكون الكمبيوم الفليني من خلايا متشابهة من حيث الشكل .

وتبدو خلايا الكمبيوم الفليني في المقطع المستعرض مضلعة، وتكون الجدران أطول في البعد المحيطي أو المماسي منها في البعد القطري مقارنة بالكمبيوم الوعائي. وتظهر كل خلية من خلايا الكمبيوم الفليني نحو الداخل. وكالحال في خلايا الكمبيوم الوعائي، فان خلايا الكمبيوم الفليني تكون هي الاخرى غزيرة الفجوات.

القشرة الثانوية Phelloderm

تعتبر خلايا القشرة الثانوية خلايا برانكيمية حية تحتفظ بجميع محتوياتها البروتوبلازمية وتكون محاطة بجدار ابتدائي مؤلف من مادة السليولوز بصورة رئيسية. وتحتفظ خلايا القشرة الثانوية بحيويتها بخلاف خلايا الفلين التي تفقد حيويتها بمجرد تمام نضجها. ولاتختلف طبقة الفلودرم من حيث تركيبها عن طبقة القشرة التي تليها من الداخل الا في انتظام خلاياها في صفوف قطرية مستمرة في انتظامها بصفوف شعاعية مع خلايا الكمبيوم الفليني وخلايا الفلين الواقعة خارجه. وفي العادة تتكون الفلودرم من عدد قليل من الطبقات الا انها قد تتألف من صف واحد من الخلايا او قد تكون معدومة تماماً. وفي بعض الحالات القليلة تكون الفلودرم واسعة كما في جذور بعض النباتات.

وقد تحتوى خلايا الفلودرم في بعض السيقان على بلاستيدات خضر وبذلك تساهم في عملية التركيب الضوئي Photosynthesis كما انها تقوم بوظيفة اختزانية عن طريق احتفاظها بكمية من النشا كمادة غذائية مختزنة.

الفلين Cork or Phellem

يمثل الفلين نسيجا مستديما بسيطا مكونا من خلايا متراصة، خالية من المسافات البينية، وذات جدران ثانوية مسوبرة Suberized خالية من النقر عادة. والخلايا موشورية الشكل Prismatic تموت عند النضج بعد اكتمال تكوين الجدران الثانوية، فتصبح الخلية عندئذ مؤلفة من جدار خلوى يحيط بتجويف الخلية Cell lumen الخالي من البرتوبلاست. وقد تبقى جدران الخلايا الفلينية رقيقة نسبيا او ان تتغلظ بشكل ملحوظ. وتكمن الوظيفة الوقائية لطبقة البريدرم في وجود

الفلين. وترجع الوظيفة الوقائية للفلين الى وجود مادة السوبرين Suberin الدهنية في جدرانهـــا مما يجعلها غـير منفذة للهـــواء والسوائل.

وتؤلف الحوامض الدهنية Fatty acids حوالى ٣٥٪ من مكونات الجدار بينما يؤلف اللكنين lignin من ٢٠ الى ٣٠٪ ويحوى الجدار اضافة الى ذلك مكونات اخـــرى كالسليلوز Cellulose والتربينات المتعـــددة Polyterpenes والمواد الدباغية Tannins . وتوجد مادة السوبرين على شكل صفائح lamellae تضاف للجـــدار فوق الجدار السليلوزي الابتدائي الملكنن . وفي خلايا الفلين سميكة الجدران تضاف على طبقـــة السوبرين ناحية الداخل طبقة سميكة من السليولوز المشبع بمادة اللكنين.

وتجرى عملية التسوبر Suberization في الصفائح الوسطية أولا ثم تنقل تدريجيا باتجاه مركز الخلية . وقد تبقى بعض الخلايا في منطقـــة الفلين دون ان تتكون في جدرانها مادة السوبرين فيطلق عليها مصطلـــح الخلايا شبه الفلينية Phelloids . وقد تظهر جدرانها تسمكا ملحوظا ، وفي هذه الحالة غالباً ماتتميز الخلايا شبه الفلينية الى خلايا متصلة أو سكلريدات Scereids كما في سيقان رودودندرون **Rododendron maximum**

وبالاضافة الى تسوبر خلايا الفلين فان جدرانها تكـــون شديدة او محكمة التماسك ببعضها بدون مسافات بينية . ولهاتين الصفتين الاساسيتين وهما تسوبر الخلايا وشدة تماسك جدرها ببعضها ترجع كفاءة طبقـــة الفلين في حفظ الانسجة الداخلية من ان تفقد ماءها .

ويقوم الفلين بعدة وظائف حيوية بالنسبة للنبات . وفي مقدمة هذه الوظائف واهمها منع النبات من فقد كمية كبيرة من الماء عن طريق النتح الشديد بعد تهتك طبقة البشرة وتعري الخلايا الداخلية . كما أن جدر خلايا الفلين ذات قوة فائقة نتيجة لتسوبرها ولذلك فهي بمثابة غـــلاف واق حول النبات . وفي أغلب الاحيان تحتوى خلايا الفلين على هـــواء تستطيع بواسطته أن تكون طبقة عازلة تقي النبات ولاسيما الانســـجة

الداخلية من الحرارة والبرودة الزائدة . وقد تحتفظ خلايا الفلين بداخلها بعض المواد الواقية كالمواد الدباغية لها القدرة على مقاومة الطفيليات عند غزوها لانسجة النبات .

ومما تجدر الاشارة اليه أن هنالك نوعا خاصا من أنواع البريدرم يحصل في الجذور والسيقان الترابية يطلق عليه البوليدرم Polyderm هذا النوع من أنواع البريدرم مألوف في بعض الفصائل النباتية مثل العائلة الوردية Rosaceae وعائلة الياس Myrtaceae وعائلة المغري Hypericaceae Onagraceae وتتميز البوليدرم بكونها تتألف من طبقات محيطية Periclinal layers بعضها بسمك خلية واحدة وتكون مسوبرة جزئيا ، بينما البعض الاخر متعدد الطبقات وذو خلايا غير مسوبرة . وقد يصل عدد طبقات البوليدرم الى عشرين طبقة أو أكثر ، وتكون الطبقات الخارجية منها ميتة . وتقوم الطبقات الحية غير المسوبرة بوظيفة الخزن .

اما مصطلح ريتيدوم Rhytidome فيطلق على الطبقات الميتة المتراكمة نتيجة لتكوين البريدرم مرة بعد الاخرى في جذور وسيقان النباتات المعمرة الشجرية وبقاء تلك الطبقات على العضو النباتي . اما في الشجيرات فغالبا ما تتساقط الطبقات الميتة من البريدرم بصورة مبكرة ولا تتراكم ، فلا تتكون طبقة الريتيدوم في مثل هذه الحالات .

ويتأثر تكوين البريدرم ببعض الظروف الخارجية ، اضافة الى عمر العضو النباتي وطبيعة النمو فيه . فقد وجد ان تعرض الساق الى الضوء مثلا يعجل في تكوين البريدرم ويحفز الانسجة على تكوين كمبيوم فليني .

النسيج البرانكيمي

PARENCHYMA

النسيج البرانكيمي هو ذلك النسيج الخضرى البسيط الذى يكون الجزء الاكبر من أجسام النباتات البدائية والاجزاء غـير المتخصصة في اجسام النباتات الراقية وهو لذلك يعتبر النسيج البدائي الذى عن طريق التخصص تنشأ عنه الانسجة الاخرى في النباتات الراقية . وهـو نسيج مستديم يمثل اكثر الانســجة شــيوعا في النظام النسيجي الاساســي Ground tissue system ، كما أنه موجود كذلك ضمن النظام النسيجي الوعائي كما يوجد في النظام النسيجي الضام مثلاً بالقشرة الثانوية التي تمثل الطبقة الداخلية من طبقات النظام النسيجي الضامْ الثانوي Vascular System كأحد مكونات الخشب Xylem واللحاء Phloem .

وخلايا هذا النسيج حية تحتفظ بالنواة والسايتوبلازم لفترة طويلة بعد نضجها . ويؤلف السايتوبلازم طبقة رقيقة تبطن الجدار في الخـلايا الناضجة نظرا لوجود فجوة عصارية كبيرة . بينما تحتل النواة اما موقعا مركــزيا وتتصل بطبقــة السايتوبلازم الخارجية عن طريق خيــوط سايتوبلازمية أو موقعا جانبيا . وتتميز الخلايا البارنكيمية باحتوائها على فجوات واسعة كما أنها تكون محاطة عادة بجدار ابتدائي Primary wall ويكون الجدار حاويا على حقول النقر الابتدائية Primary pit fields التى تتخللها البلازمودزمات أو على نقر بسيطة .

وفي حالات قليلة قد يضاف جدار ثانوي على الجدار الابتدائي كمـا يحصل في بعض الخلايا البارنكيمية الملكننة المقترنة بنسيج الخشب ،خاصة الخشب الثانوي ، حيث تكون الجدران الثانوية مشــبعة بمادة اللكنـين lignin ، وكذلك في خلايا اللب أو النخــاع (pith) لبعض النباتات كالبيلسان Sambucus (elder) . وتتميز جدران الخلايا البارنكيمية بكونها رقيقة عادة ، وفي حالات نادرة قد يكون الجدار ســميكا خازنا

كما في خلايا النسيج الاسفنجي spongy tıtssue ، أو ذات طيـــات doctylifera والاينوس Diospyrus . وقد تحتوي الخلية البارنكيمية على مواد غذائية كالحبيبات النشوية أو على بلاستيدات خضر أو ملونة أو عديمة اللون ويتخلل النسيج البارنكيمي عادة مسافات بينية واسعة . (شكل ٥ ـ ٤) .

وتوجد الخلايا البارنكيمية في جميـــــع الاعضاء النباتية كالجذر والساق والثمار والبذور . وتشغل كل أو معظم القشرة والنخاع أو اللب في السيقان والجذور وتكون النسيج المتوسط في الاوراق كما تكون معظم النسيج الاساسي في الاعضاء الزهرية والثمار والبذور حيث تتواجـــد بشكل نسيج مستمر . وقد تنتظم بشكل صفوف عمودية أو أشرطة تمتد قطريا كما يحصل في النسيج الوعائي .

وبالنظر لبقاء الخلايا البارنكيمية حية بعد النضج ، فانها تحتفظ بقابليتها المرستيمية بصورة كامنة ، لذا فانها أحيانا تعانى ظاهرة فقدان التميز Dedifferentiation والتحول الى خلايا مرستيمية ، كمـــا يحصل في عملية تكوين الكمبيوم بين الحزمي Interfascicular Cambium والكمبيوم الفليني Phellogen وفي عملية التئام الجـروح Wound healing وما شاكلها . وقد تحتوى الخلايا البارنكيمية على بلاستيدات خضر فيطلق على النسيج عندئذ النسيج الكلورنكيمي Chlorenchyma .
وتختلف خلايا النسيج البارنكيمي في الشكل ، وهى غالبا ما تميل الى الشكل متساوى الابعاد Isodiametric ؛ متعدد الاوجه Polyhedral حيث يسود فيها الشكل ذو الاربعة عشر وجها Tetrakaidecahedron وتبدو الخلايا في المقطع المستعرض مضلعة أو تميل الى الشـكل الدائري بينما يميل شكلها للاستطالة في المقطع الطولى ، وتظهر بعض الخـــلايا البارنكيمية أشكالا اخرى ، قد تكون عمودية Columnar .كما في النسيج العمادى للورقة Palisade tissue او نجميــــة Stellate

كما في نبات الموز الفحل Canna Indica أو مفصصة lobed كما في خلايا النسيج الاسفنجي Spongy tissue ، أو ذات طيـــات

folded كما في النسيج الوسطي لاوراق الصنوبر · وتتميــــز بعض الخلايا البارنكيمية الموجودة في النسيج الوعائي بكونها مستدقة النهايات يطلق عليها الخلايا البروزنكيمية Prosenchyma . (شكل ٥ـ٤)

وقد تكون الخلايا البارنكيمية ابتدائية من حيث المنشأ Primary in origin كتلك التي تتكون من أي من المرستيمات الابتدائية كالمرستيم الاساسي Ground meristem أو الكمبيوم الاولي Procambium وذلك خلال فترة النمو الابتدائي ، أو أن تكون ثانوية المنشأ Secondary in origin عندما تنشأ من المرستيمات الثانويـــــة كالكمبيوم الفليني والكمبيوم الوعائي خلال مرحلة النمو الثانوي ·

وعلى الرغم من ان النسيج البارنكيمي يعتبر بســـــيطا Simple من الناحية المورفولوجية الا أن خلاياه بتنوعها وانتشارها في جميع اجزاء النبات تؤدى عدة وظائف هامة وبذلك فانها تلعب دورا مهما في حيـــاة النبات في كثير من الجوانب الفسلجية · فقد تقوم بوظيفة دعامية عنــد امتلائها بالعصير الخلوى وذلك في أعضـــاء النبـــات الرخوة كالاوراق والسيقان الحديثة بالرغم من رقة جدرها · كذلك قد تقــــوم بوظيفتي الخزن Storage والافراز Secretion ، كما وتقوم بعض الخـــلايا البارنكيمية بوظيفة النقل لمسافات قصيرة كما يحصل في خلايا الاشـــعة الوعائية Vascular rays · وتقوم الخلايا البارنكيمية الحاوية عــلى البلاستيدات الخضر بعمليـــة التركيب الضـــوئي Photosynthesis ولا يفوتنا الاشارة الى الدور الذى تلعبه بعض الخلايا البارنكيمية والمستند الى قدرتها على فقدان التميز Dedifferentiation والتحول الى خلايا مرستيمية كما هو ملاحظ في عملية تكوين الكمبيوم بين الحزمي Interfascicular cambium والكمبيوم الفليني phellogen والتئام الجروح Wound healing التي سبقت الاشارة اليها . وكذلك في عملية تكوين الجذور العرضية Adventitious roots والاغصان العرضية Adventitious branches

والتعويض عن الاجزاء المفقودة Regeneration والتئام الطعم Scion مع الاصل Stalk في عمليات التكثير الخضرى وكذلك عمليات تكوين نسيج الكالس ، Callus في بعض الاجزاء النباتية أو في المزارع النسيجية Tissue cultures التى تنمى فيها الخلايا البارنكيمية على مزارع صناعية .

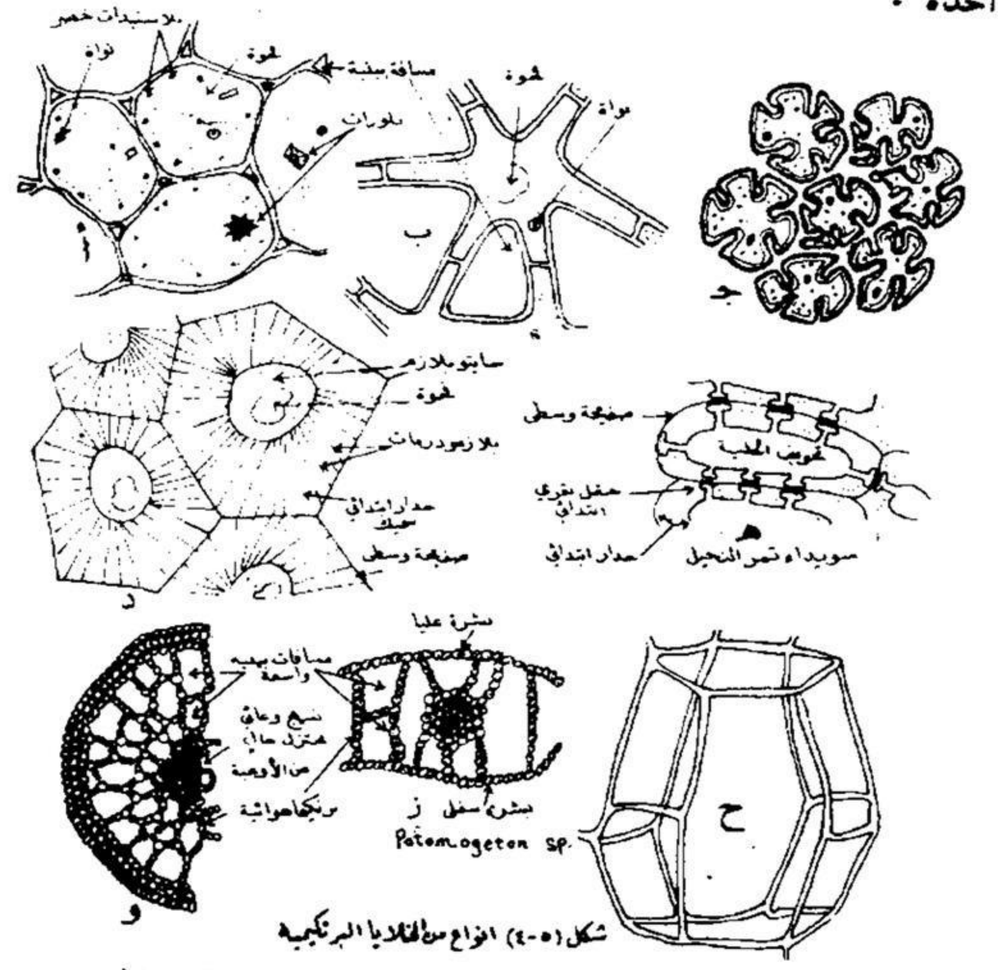
وتستطيع بعض الخلايا البارنكيمية أن تعاني عملية اعادة التميز Redifferentiation فتتحول الى انسجة اكثر تميزا كأن تتحول الى خلايا صلبة Sclereids خلال عملية التصلب Sclerification التى تحصل في الخلايا البرانكيمية فتتحول الى خلايا سكلريدية مشبعة جدرانها بمادة اللكنين ، أو تحول بعض الخلايا البارنكيمية الى خلايا ناقلة في الخشب أو اللحاء أو ما شاكلها .

ويمكن تقسيم الانسجة البارنكيمية تبعا لشكل الخلايا والوظيفة التى تؤديها الى ما يأتي :

١ ـ النسيج البرانكيمي العادي Ordinary Parenchyma
٢ ـ النسيج الكلورنكيمي والمتوسط Chlorenchyma and Mesophyll Tissue
٣ ـ النسيج البرانكيمي المختزن Storage Parenchyma
٤ ـ النسيج البرانكيمي الهوائي Aerenchyma

١ ـ النسيج البرانكيمي العادي Ordinary Parenchyma

يتكون هذا النسيج من خلايا بارنكيمية عادية لم تتخصص لوظيفة معينة وتنطبق عليها الصفات العامة للخلايا البارنكيمية من حيث الشكل العام للخلية ورقة جدرانها وامتلائها بالعصير الخلوي واحتوائها فيما بينها على مسافات بينية (شكل ٥ـ٤ أ) وينتشر هذا النوع العادى من الخلايا البارنكيمية في القشرة والنخاع في سيقان وجذور ذوات الفلقتين وفي جذور ذوات الفلقة الواحدة وفي النسيج الاساسي لسيقان ذوات الفلقة



شكل (٥-٤) انواع من الخلايا البرنكيمية

ا- برنكيما عادية من ساق نبات البكونيا. ب- برنكيما غصنية من سويق ورقة نبات كانا.
جـ - برنكيما مطوية من النسيج المتوسط لأوراق الصنوبر
د - برنكيما متمسكة الجدران الأبتدائية التي تتخللها البلازموديزمات في خلايا اندوسبيرم داوسبيروس.
هـ - برنكيما سميكة الجدران الأبتدائية تظهر فيها حقول النقر الأبتدائية التي تتخللها البلازموديزمات.
و- برنكيما هوائية في ساق نبات ايلوديا. ز- برانكيما هوائية من ورقة نبات لسان البحر
ح - خلية برنكيمية ذات اثنى عشر وجها من منطقة لب ساق بيكونيا.

٢ ـ النسيج الكلورنكيمي والمتوسط

Chlorenchyma and Mesophyll Tissue

وهو النسيج الخاص بالبناء الضوئي ويوجد في الاعضاء النباتية الخضر المعرضة للضوء ٠ وتمتاز الخلية باحتوائها على كمية وافرة من البلاستيدات الخضر ٠ ويوجد النسيج الكلورنكيمي في السيقان العشبية والاطراف الغضة من السيقان الخشبية في الجزء الخارجي من منطقة القشرة ٠ والنسيج المتوسط **Mesophyll** الذى يوجد في الاوراق يعتبر نوعا خاصا من الانسجة الكلورنكيمية تحور من حيث الشكل ليصبح اكثر

ملاءمة لوظيفة البناء الضوئي .

٣ ـ النسيج البارنكيمي المختزن Storage Parenchyma

يقوم النبات باستهلاك جزء من غذائه في عملية البناء وجزء اخر لانتاج الطاقة اللازمة للقيام بسائر وظائفه الحيوية . ويختزن ما يتبقى بعد ذلك على هيئة مواد كربوهيدراتية أو بروتينية أو دهنية . وتختزن هذه المواد في معظم الاحوال في اعضاء خاصة تسمى باعضاء الاختزان Storage organs . وفي جميع الحالات يحدث الاختزان في أنسجة بارنكيمية خاصة تمتلىء بتلك المواد .

كما ان هناك بعض النباتات وعلى الاخص نباتات الجفاف Xerophtes تختزن الماء في انسجتها ويعتبر النسيج البارنكيمي أنسب نسيج لاختزان الماء وهو في هذه الحالة يتكون من خلايا كبيرة الحجم رقيقة الجدران قليلة السايتوبلازم غنية بالعصير الخلوي . وهذا العصير قد يكون هلاميا بعض الشيء حتى يمكنه الاحتفاظ بالماء تحت الظروف السيئة . وقد يكون النسيج المختزن للماء خارجي الموقع كما في حالة ورقة تين المطاط Ficus elastica أو داخلي الموقع كما في حالة ورقة نبات الصبار Aloe sp. .

٤ ـ النسيج البارنكيمي الخاص بالتهوية Aerenchyma

وتتميز خلايا هذا النسيج بصغر حجمها ورقة جدراتها وبوجود فراغات هوائية واسعة بينها وتتصل هذه الفراغات ببعضها لتكون جهازا للتهوية أو لاختزان الهواء . ولذلك يشيع هذا النسيج بين النباتات المائية التى يتعذر عليها الاتصال المباشر بالهواء الجوى . وتختزن هذه الفراغات الاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون لاستعمالهما في عمليتي التنفس والتركيب الضوئي على التوالي . ومن النباتات المائية التى يوجد فيها نسيج بارنكيمي خاص التهوية نبات الوديا Elodea ونبات الشحبالان Ceratophyllum . ومن النباتات غير المائية نبات Cyperus papyrus الذى يعيش في المستنقعات ونبات نخيل التمر .

النسيج الكولنكيمي

COLLENCHYMA

يكون النسيج الكولنكيمي مع النسيج السكلرنكيمي النظام النسيجي الميكانيكي أو الدعامي في الاعضاء المختلفة لجسم النبات وهو النظام الذى يقوم بحماية النبات وتقويته ضد عوامل الضغط أو الشد أو الانثناء ولاسيما في الاعضاء الحديثة التي لا تستطيع فيها عناصر الخشب وحدها القيام بالوظيفة الدعامية .

والنسيج الكولنكيمي نسيج مستديم بسيط تبقى خلاياه حية بعد النضج ، حاوية على نواة وسايتوبلازم وفجوة عصارية واسعة . وتحاط خلايا النسيج الكولنكيمي بجدران ابتدائية تتميز بتسمكها بصورة غير منتظمة Unevenly thickened واحتوائها على نسبة عالية من المواد البكتية Pectic substances مما يترتب عليه وجود نسبة عالية من الماء في جدرانها نظرا لالفة المواد البكتية للماء Hydrophilic وتتصف الخلايا الكولنكيمية بمعظم الصفات التى تتصف بها الخلايا البارنكيمية بحيث يعتبرها البعض نسيجا بارنكيميا محورا . وقد تحتوى الخلايا الكولنكيمية على بلاستيدات خضر ، كما انها ـ تبعا لبقائها حية ـ تحتفظ بقابليتها المرستيمية بصورة كامنة Potentially meristematic مما يمكنها من ممارسة ظاهرة فقدان التميز Dedfferentiation والتحول الى خلايا مرستيمية كما هو ملاحظ في تكوين الكمبيوم الفليني في سيقان بعض النباتات مثل البيلسان Sambucus (elder) .

ويتميز النسيج الكولنكيمي عن النسيج البارنكيمي في جوانب معينة اهمها تسمك الجدران الابتدائية لخلاياه بصورة غير منتظمة ، واقتصار وجوده على الاجزاء الفتية الهوائية للنبات ، وخلو النسيج الكولنكيمي من المسافات البينية ، وان وجدت فتكون صغيرة عادة . والخلايا الكولنكيمية غالبا ما تكون أكثر طولا ونحافة مقارنة بالخلايا البارنكيمية فقد يصل طول الخلية الى ٢مم ، وغالبا ما تندمج الصفيحة الوسطى بجدران الخلايا

الكولنكيمية مع الجدار الابتدائي مكونـــة صفيحة وســطى مركبـــة Compound middle lamella. وتعتبر جدران الخـــلايا الكولنكيمية ابتدائية على الرغم من تسمكها في بعض المناطق وذلك نظرا لطبيعة المواد الداخلة في تركيب الجدار من جهة ولكون المواد المضـافة للجـدار تتـم اضافتها خلال الفترة التى لا تزال فيها الخلايا مستمرة في الزيادة في الحجم والجدار ما يزال مستمرا في الزيادة السطحية ، مما يؤكد الصفة الابتدائية للجدار . وتتميز جدران الخلايا الكولنكيمية بالمرونـــة Plasticity وهذه الصفة تجعل من النسيج الكولنكيمي نسيجا ملائما جدا كنســيج ميكانيكي للاعضاء الفتية التى تتميز عادة باضطراد النمـــو في الطول ، وبالتالي فان مرونة النسيج الكولنكيمي لا تسبب مقاومة لتلك الاعضاء عند استطالتها . وتتميز جدران الخلايا الكولنكيمية بتكوينها اساسا مـــن السليولوز وخلوهـــا من مادة اللكنين ممـــا يميزها عن خلايا النســيج السكلرنكيمي الذى تكون جدرانه ملكننة عادة ، كما سيرد شرحه لاحقاً في هذا الفصل . ومما تجدر الاشارة اليه أن تعرض بعض الاعضاء النباتية الى تأثيرات ميكانيكية ـ كالرياح ـ يحفز حصول التسمك في جدران الخلايا الكولنكيمية بصورة مبكرة مقارنة مع النباتات التى لا تتعرض لمثل هذه الظواهر .

وتوجد الانسجة الكولنكيمية على وجـــه الخصوص في الاعضـــاء الحديثة النامية التى تحتاج الى نسيج دعامي قابل للانحناء أو التمدد اثناء النمو ويقتصر وجودها على الاجزاء الهوائية Aerial parts الفتيـــة كالسيقان والاوراق وبعض الاجزاء اللزهرية واعناق الاوراق Petioles وسيقان النباتات العشبية والعروق الوسطى بالاوراق الحديثة . غير أنها تكـون معدومة في الاعضاء الارضية عادة كالجذور والاجزاء الترابية الاخرى . وفي حالات نادرة كالريزومات Phizomes قد يتواجد النسيج الكولنكيمي، كما انها توجد أيضا في حالة الجذور الهوائية Aerial roots . وقد يشكل النسيج الكولنكيمي طبقة مستمرة ومتصلة على هيئة اسطوانة أو أن يكون

على هيئة اشرطة تمتد طوليا بمحاذاة المحور الطولي للعضو الذى تتواجد فيه . وهى على العموم تكون موجودة تحت البشرة مباشرة أو تفصلها عنها طبقة أو طبقتين من الخلايا البارنكيمية ، كما قد توجد ايضا في الاركان . كما أنها قد تكون مقترنة مع النسيج الوعائي كما في أعناق الاوراق ونصولها للعديد من النباتات أو أن تتواجد خارج النسيج الوعائي . لكنها لا توجد في سيقان واوراق ذوات الفلقة الواحدة حيث تتكون الانسجة السكلرنكمية مبكرا .

وتبعا لطريقة التسمك الحاصل في الجدار الابتدائي يمكن تقسيم النسيج الكولنكيمي الى ثلاثة أنواع (شكل ٥ـ٥) هي :

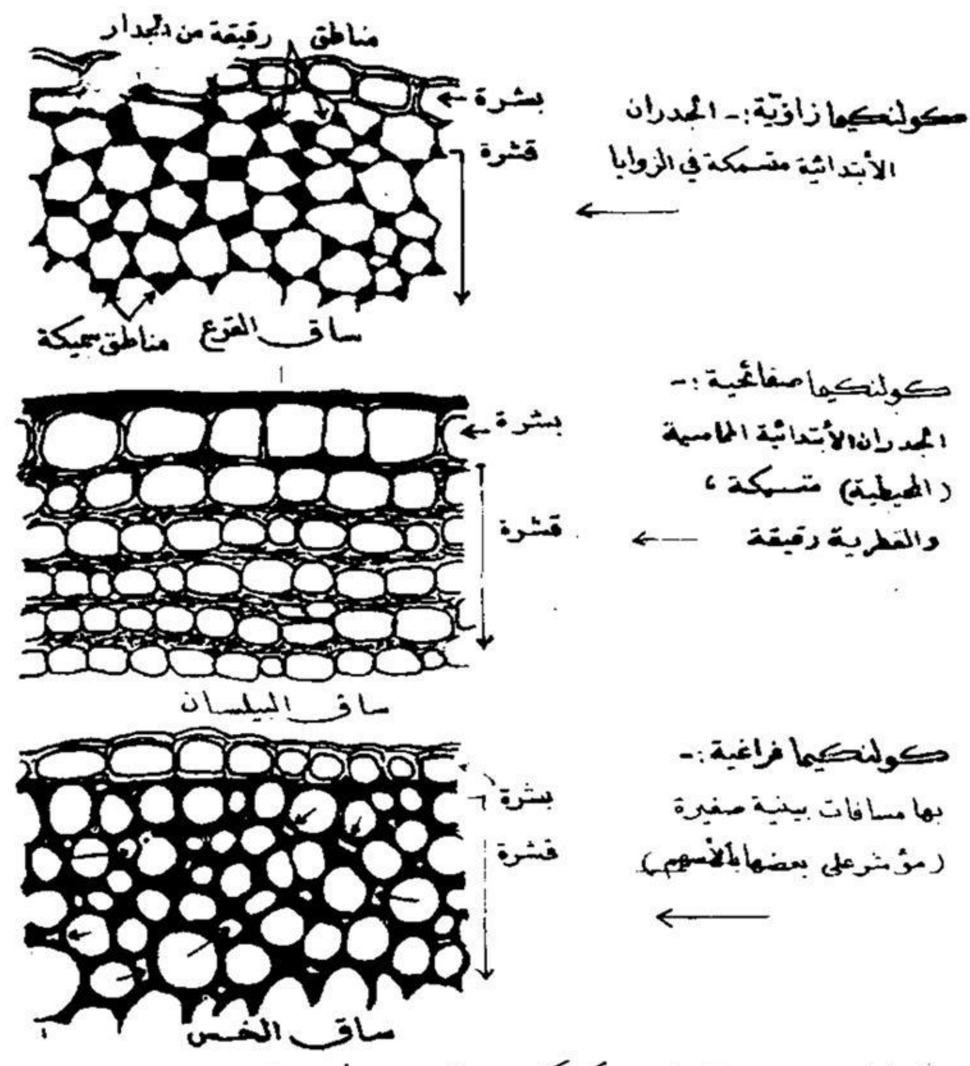
١ ـ الكولنكيما الزاوية Angular Collenchyma

وفيها يحصل التسمك في الجدران الابتدائية في الاركان اي في المناطق المناظرة لمناطق المسافات البينية في الخلايا البارنكيمية الاعتيادية . ونتيجة لذلك فان الخلايا الكولنكيمية الزاوية تكون جدرانها متسمكة الزوايا ، كما في ساق نبات القرع Cucurbita وفي أعناق أوراق الكرفس Apium graveolens (celery) وفي العنب Vitis (grape) والتين Ficus . ويمثل هذا النوع من النسيج الكولنكيمي أكثر الانواع شيوعا .

٢ ـ الكولنكيما الصفائحية Lamellar Collenchyma

وفيها يقتصر تسمك الجدار الابتدائي على الجدران المماسية الداخلية والخارجية Tangential walls ، بينما تبقى الجدران القطرية Radial walls رقيقة . وتحصل هذه التسمكات على هيئة طبقات أو صفائح متراكبة منضدة فوق بعضها البعض كما في ساق نبات البيلسان Sambucus (elder) وعباد الشمس Helianthus annuus

وتعتبر الكولنكيما الصفائحية أقل شيوعا في النباتات من النوع الزاوي . وفي كلا النوعين السابقين تتلاشى المسافات البينية تماما .



شكل (٥-٥) انواع النسيج الكولنكيمي كما تبدو في المقطع المستعرض.

٣ ـ الكولنكيما الفراغية أو الانبوبية
Lacunar or Tubular Collenchyma

وتتميز بوجود فراغات بينية بين الخلايا ويتركز التسمك على اجزاء الجدر المواجهة لهذه الفراغات . وهذا النوع من الانسجة الكولنكيمة اقل الانواع شيوعاً ويمكن ملاحظته في بعض النباتات كالخس **Lactuce** (lettuce) وورد المرجان **Salvia.**

وفي القطاع الطولى تتبين الخلية الكولنكيمية بتغلظها غير المستمر اذ تبدو الجدران كأجزاء رقيقة واجزاء سميكة على خلاف مايوجد بالالياف

كما تكون الجدر العرضية عادة مائلة ٠

وقد تحتوى خلايا هذا النسيج على بلاستيدات خضر مما يمكنه من القيام بعملية التركيب الضوئي وذلك على الرغم من ان الوظيفة الرئيسية للنسيج الكولنكيمي هى التدعيم وخاصة بالنسبة للاعضاء الهوائية الفتية٠ هذا اضافة الى كثير من الفعاليات الحيوية الاخرى التى تستطيع خلايا هذا النسيج ممارستها تبعا لطبيعتها الحية بما في ذلك قدرتها على فقدان التميز Dedifferentiation

النسيج السكلرنكيمي
SCLERENCHYMA

نسيج مستديم تموت خلاياه عند النضج عادة ، حيث تصبح الخلية مكونة من مجرد جدار خلوي يحيط بتجويف الخليــة Cell lumen الخالي من البروتوبلاست٠ وتتميز خلايا النسيج السكلرنكيمي بوجود جدار ثانوي مشبع بمادة اللكنين Lignin ٠ وتتم اضافة الجدار الثانوي من قبل البروتوبلاست بعد ان تكون الخلية قد وصلت حجمها النهائي ٠ ومن ثم يموت البروتوبلاست عادة بعد اكتمال اضافة الجــدار الثانــوي ٠ وبالنظر لعدم وجود اختلافات أساسية بين خلايا النســيج السكلرنكيمي فانه يعتبر نسيجا بسيطا Simple tissue ٠ والوظيفة الرئيسية لهــذا النسيج هى التدعيم Support حيث يكسب الاجزاء التى يوجد فيهــا دعامة ميكانيكية ٠ وبالنظر للتشابه الوظيفي بين النســيج السكلرنكيمي

فقد استعمل البعض مصطلح ستيريوم والنسيج الكولنكيمي Stereome للدلالة على النسيجين معاً .غير أن هناك من الفروق الرئيسية بين خلايا النسيجين مايبرر معاملتها

كنسيجين منفصلين٠ فخلو الخلايا السكرنكيمية الناضجة من البروتوبلاست واحاطتها بجدران ثانوية ملكننة عادة ووجودها في الاجزاء الهوائيـــة والارضية تميزها عن النسيج الكولنكيمي الذى تكون خلاياه حية عنــد النضج ، ومحاطة بجدار ابتدائي خال من اللكنين ومكون اساســا من

السليولوز واقتصار وجودها على الاجزاء الهوائية الحديثة عادة . واضافة لذلك فان الخلايا السكلرنكيمية تتميز بتغلظ جدرانها بصورة منتظمة نوعا ما وبصفة المطاطية Elasticity بينما يكون تسمك جدران الخلايا الكولنكيمية غير منتظم Unevenly thickened وتتميز بصفة بلاستيكية Plasticity تكسبها مرونة . ومما تجدر الاشارة اليه أنه في بعض الحالات قد يكون الجدار الثانوي للخلايا السكلرنكيمية مكونا اساسا من السليولوز ، كما انه في حالات نادرة قد تبقى الخلايا السكلرنكيمية حية لفترة طويلة كما في خلايا الالياف المحجرة أو المقسمة Septate fibres (شكل ٥ــ٦) التى تنقسم فيها الخلية الاصلية بجدران مستعرضة بضعمرات متحولة الى تركيب متعدد الخلايا. وغالبا ماتكون الصفيحة الوسطى في الخلايا السكلرنكيمية غير متميزة عما يجاورها من طبقات الجدار فتمثل صفيحة وسطى مركبة Compound middle lamella حيث قد يشترك فيها ـ اضافة الى الصفيحة الوسطى البسيطة ـ الجداران الابتدائيان على الجانبين ، أو الجداران الابتدائيان مضافا اليهما جزء من الجدار الثانوي على كلا الجانبين ، فتصبح في الحالة الاخيرة تركيبا خماسي الطبقة .وغالبا ما يتميز الجدار الثانوي ذاته الى طبقات يمكن ملاحظتها عند فحص خلايا النسيج السكلرنكيمي في المقطع المستعرض تحت المجهر الاعتيادى .وتكون الجدران خالية من البكتات الحقيقية True pectic substances وهى ظاهرة مميزة للجدران الثانوية بصورة عامة .

ويوجد النسيج السكلرنكيمي في جميع الاجزاء النباتية سواء كانت أرضية Subterranean أو هوائية ولذا فهو يوجد في الجذور والسيقان والاوراق والثمار والبذور وغيرها . كما انه قد يوجد ضمن النظام النسيجي الاساسى Ground tissue system أو الوعائي Vascular Tissue system أو الضام Dermal tissue system . وفي الحالة الاخيرة قد يغطى النسيج السكلرنكيمي بعض الاجزاء النباتية

كالبذور كما هى الحال في بعض نباتات العائلة القرنية Leguminosae والاوراق الحرشفية في بعض الابصال .

اما فيما يتعلق بطريقة نشوء خلايا النسيج السكلرنكيمي فقد تنشأ بصورة مباشرة من الانسجة المرستيمية كالكمبيوم الاولى Procambium والكمبيوم الوعائي Vascular cambium او أن تنشأ عن طريق تحول خلايا بالغة اخرى - كالخلايا البرنكيمية - الى خلايا سكلرنكيمية عن طريق تلكنن Ligmification جدران الخلايا البرنكيمية وتغلظ جدرانها ، ومن ثم يموت البروتوبلاست وتتحول الى خلية سكلرنكيمية . ويطلق على العملية التى تتحول فيها الخلايا المستديمة الى نوع اخر اكثر تميزا مصطلح اعادة التميز Redifferentiation

وتصنف الخلايا السكلرنكيمية تبعا لاشكالها الى نوعين رئيسيين هما الالياف Fibres التـى تكـون ممعنة في الطـول عادة والسكلريدات أو الخلايا المتصلبة Sclereids التي تتخذ اشكالاً مختلفة ولا تكون طويلة عادة (شكل ٥ - ٦) .

١ - الاليـــاف Fibres

خلايا طويلة نحيفة slender ذات نهايات مستدقة غير متفرعة تتصف جدرانها بخاصية Eelasticity والتي تجعل الخلايا قادرة على استرجاع شكلها وطولها الاصليين بعد مطها او شدها مما يجعلها عناصر ميكانيكية ملائمة للاعضاء المسنة .
وتتداخل النهايات المستدقة لخلايا الالياف مع بعضها باحكام فتكسب الاجزاء التى توجد فيها قوة ومتانة . وتبدو الالياف في المقطع المستعرض على شكل مضلع خماسي أو سداسي في الغالب غير ان شكلها يميل للاستدارة عندما تكون جدرانها سميكة جداً . والالياف ذات تجويف ضيق (شكل ٥-٦ و ،ح) اما النقر فهى قليلة نسبيا ، وتصبح عديمة الوظيفة بعد اكتمال نضج الاليــاف وموتهــا ، كما أنهــا تكون من نوع النقر البسيطــة عــادة ، كثيرا ماتكون مختزلة . وفي أنواع خاصة من ألياف الخشب والتى يطلق عليها الالياف القصيبية Fibre tracheids توجد في الجدران نقر

مضفوفة ذات صفوف ضعيفة · اما في الالياف العادية للحاء libriform fibres فتكون النقر بسيطة لكنها كثيرا ماتكون فتحتها المواجهة لتجويف الخلية منضغطة مكونة تركيبا شبيهاً بالشق Slit-like aperture وتكون النقر في الالياف سميكة الجدران على شكل قناة تخترق الجـــدار يطلق عليها قناة النقرة Pit canal وتتميز فيها فتحتان ، احداهمـــا داخلية Innner aperture تواجه تجويف الخلية ، والاخرى خارجيـــة Outer aperture تحاذى الصفيحة الوسطى ·

وتوجد الالياف أما على شكل طبقة مستمرة أو على شكل حزم أو أشرطة منفصلة مرتبة بشكل خاص بحيث توفر لعضو النبات اقصى دعامة ممكنة كما انها قد تكون على شكل خلايا منفردة او مجموعات صغيرة من الخلايا مبعثرة هنا وهناك · وتحصل عملية التغلظ في جدران الالياف بطـــرق مختلفة · ففي الالياف غير الممعنة في الطول كالياف قنب مانيلا Manila hemp والياف جنس Agave التى لايتعدى طولها بضعة مليمترات يحدث التغلظ في جميع انحاء الجدار في آن واحد · أما في الالياف الطويلة كالياف نبـــات الكتـــان (flax) Linum ustatissimum والقنب Cannabis stativa (hemp) فيحصل التغلظ في الجـــدار في المناطق الوسطية أولا بينما تســـتمر النهايات بالنمـــو الانحشاري أو الاقتحامي intrusive growth حيث تسلك نهايات خلايا الاليـــاف طريقها مابين الخلايا الاخرى · وقد يتم ذلك عن طريق شطر شقي الجدار للخلايا المفصولة بطريقة لا تزال مجهولة ·

وتصنف الالياف تبعا لموقعها بطرق مختلفة · ومن الطرق المعروفة في تصنيف الالياف تقسيمها الى ألياف خشب Xylem or wood fibres وتقع ضمن نسيج الخشب ، والياف خارج الخشـــب Extraxylary fibres وتشمل ألياف اللحـــاء bast or phloem fibres والياف الدائرة المحيطة والي Hericyclic fibirs والياف ألقشرة . ويشمل النوعان الاخيران من الالياف تلك التي تقع خارج اللحاء الابتدائي ـ في سيقان ذوات

الفلقتين ـ والتي تنشأ من المرستيم الاساسي . وكذلك الالياف الواقعة تحت البشرة Hypodehmal fibres في سيقان بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة ، كالذرة **Zea mays** (maize).

وتمثل الالياف الموجودة على هيئة أشرطة أو حزم ـ وبخاصة تلك التى تقترن باللحاء ـ المصدر الرئيسى للالياف التجارية **Commercial** fibres وتعزل هذه الالياف عما يجاورها من أنسجة في الصناعـــة بطريقة نعرف بعملية التعطـــين **Retting** نظرا لتعريضها لتأثـــير البكتريا . وبالنظر للاهمية الاقتصادية لالياف اللحاء **Bast fibres** فسوف نعالج هذا الموضوع بشيء من التفصيل . ففي نبات الكتان يوجد مقابل كل حزمة وعائية خارج اللحاء مباشرة حزمة من الالياف (شكل ٥ـ٦ ح) وتكون ذات منشأ مشترك مع اللحاء الذى تقترن به (وهـــو الكمبيوم الاولى) غير ان هذه الالياف لا تتميز وتنضج الا بعد فترة من الزمن عندما يتوقف اللحاء عن أداء وظيفته . وعلى هذا الاساس تمثـل هذه الالياف جزءا من اللحاء الابتدائي ويكون سمكها عدة طبقات . اما في نبات البيلسان(Sambucus (elder والزيزفون(Tilia (basswood والعنب Vitis (grape vine) وكثير غيرها فـــان الالياف لا تقتصر على ألياف اللحاء الابتدائي بل تتعدى ذلك لتشـــمل الالياف الواقعة في منطقة اللحاء الثانوي **Secondary phloem fibres** وقد توجد الالياف في اللحاء الثانوي لبعض نباتات عاريات البذور كما في بعض النباتات التى تنتمي الى رتبة الصنوبريات Coniferales .

الاليـــاف الاقتصادية Economic Fibres

تمثل ألياف اللحـــاء Phloem fibres or bast fibres لذوات الفلقتين المصدر الرئيسى للالياف المستعملة في الصناعة مثل ألياف الكتان (Flax) والقنب (Hemp) والجوت (Jute) . الا ان هنالك الكثير من أنواع « الالياف » التى يطلق عليها في الصناعة والتجارة أليافا لكنها لا تمثل أليافا حقيقية بالمعنى النباتي الدقيق ومن الامثلة على ذلك الياف

القطن Cotton fibres التي هي في حقيقة الامر عبـــارة عن شعيرات بشـــرة بذرة القطن ، والاشـــرطة الكولنكيمية في الكرفس Apium Graveolens (celery) والحزم الوعائية بما يحيطها من اغمدة ليفية سميكة كما في أوراق ذوات الفلقة الواحدة وغيرها .

ومن المواصفات الجيدة في الالياف الصناعية زيادة طـــول الليفة وامتلاكها لقوة شد عالية High tensile strength وانتظـــام سمكها ونحافتها ومرونتها Plestieity وما الى ذلك .

وتصنف الالياف في الصناعة بطـــرق مختلفة الا انها تصنف على اساس الاصل والتركيب الى ثلاثة أنواع هي الالياف السطحية Surface fibres وتسمى أيضا بالالياف القصيرة Short fibres ، والالياف الناعمة Soft fibres والالياف الصلبة Hard fibres

والالياف السطحية هي تلك التي توجد على أسطح السيقان والاوراق والبذور واهمها جميعا ألياف بذرة القطن وتعتبر من أهم المصادر للالياف المستعملة في الصناعة ومن اقدمها استعمالا من قبل الانسان حيث يرجـع استعمال القطن في صنع الاقمشة الى مابين ١٨٠٠–١٥٠٠ سنة قبل الميلاد حيث استعمله المصريون والهنود . كما انه نقل الى اوربا عن طريق الفتح العربي الاسلامي . ومما تجدر الاشارة اليه ان كلمة Cotton الانكليزية هي مشتقة من الكلمة العربية « قطن » . وألياف القطن هي عبارة عـن شعيرات بشرية Epidermal hairs لبذور عدة انواع من جنس نبات القطن Gossypium وتســمى عمليـة فصل الشـعيرات عن البذور في الصناعة بعملية الحليج Ginning . ومن اهم الانواع التجارية المعروفة هي

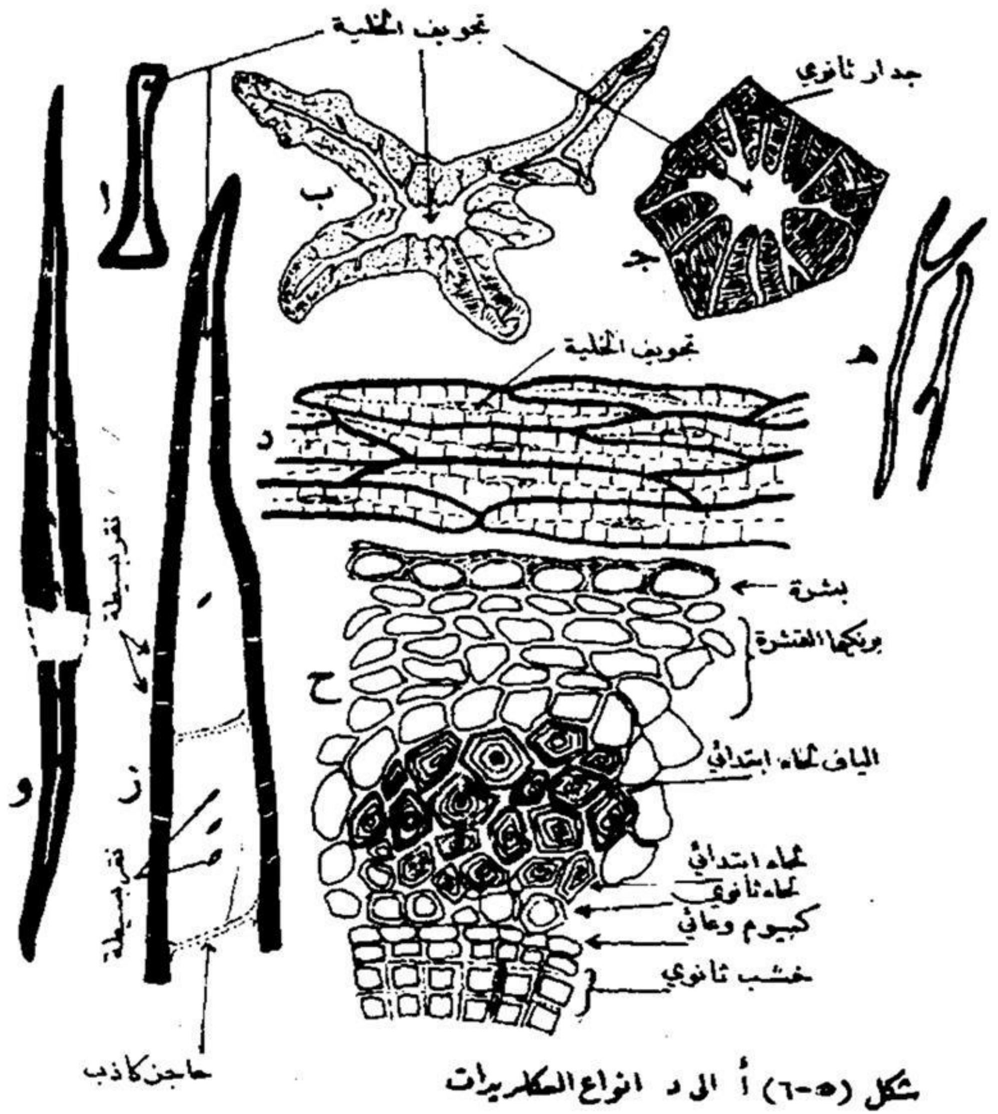
G. hirsutum, G. barbadense G. herbaceum, G. arboreum

وقد ازدهرت زراعة القطن في العراق في الاعوام الاخيرة وازدهرت بالتالي صناعة الانسجة القطنية .

ازدهرت زراعة القطن في العراق في الاعوام الاخيرة وازدهرت بالتالـــي صناعة الانسجة القطنية .

اما الالياف الناعمة Soft fibres فتشمل ألياف اللحاء وألياف البريسيكل وألياف القشرة في سيقان ذوات الفلقتين وتمثل أهم الالياف المستعملة صناعيا في صنع الانسجة والخيوط الناعمة ومن اهم النباتات التى تعتبر مصـــدرا لهذه الالياف هي نبـــاتات الكتـــان Linum usitatissimum (flax) والقنب Cannabis sativa (hemp) والجوت (jute) C. olitorius, Corchours capsulairs والرامى Boehmeria nivea (ramie) امـــا الالياف الصلبـــة Hard fibres فهى ألياف غير نقية مختلطة مع انســـجة اخرى تتكون أساسا مما كان يسمى قبلا بالحزم الوعائية الليفيـــة Fibrovascular bundles والتى توجد في سيقان وأوراق بعض نباتات ذوات الفلقـــة الواحدة وبخاصة العديد من النباتات الاستوائية tropical monocots وتستعمل هذه الالياف في صناعة الاقمشة الخشنة coarse textiles والحبال Cordage ومن امثلتهـــا قنب مانيـــلا Musa textilis (Manila hemp) والآكاف أو السيسال Agave sisalana sisal وتعرف أليافها باسم ألياف سيسال sisal fibres

ويختلف طول الالياف باختلاف مصدرها فبالنسبة للالياف الناعمة يتراوح طول ألياف الجوت مابين ٨ر٠ الى ٦ ملليمترات ، والقنب مابين ٥ــ٥٥ مليمتر والكتان مابين ٩ــ٧٠ مليمتر ، والرامي مابين ٥٠ــ٢٥٠ مليمتر . اما بالنسبة للالياف الصلبة فيتراوح طولها في السيسال مابين ٨ر٠ــ٨ مليمترات وفي قنب وتر القوس Bow string hemp بين ١ــ٧ مليمترات . اما بالنسبة للالياف السطحية فيتراوح طول ليفة القطـــن باختلاف الصنف وقد تصل الى ٤٥ مليمتر في بعض الاصناف طويلة التيلة.



شكل (هـ-٦) أ الى د انواع السكلريدات

أ- العظمية في ورقة نبات المطاط.
ب- النجمية في سويق ورقة نبات كاميليا (Camillia).
جـ- الصخرية في ثمار الكمثرى.
د- الكبيرة من بشرة بصلة الثوم.
هـ- الخيطية في ورقة الزيتون. و- نهايتي ليفة مستدقة من خشب نبات البلوط.
ز- جزء من ليفة محجزة من خشب نبات العنب. ح- الياف لحاء من مقطع مستعرض لساق نبات الكتان.

٢ ـ السكلريدات Sclereids

تمثل السكلريدات النوع الثاني من الخلايا السكلرنكيمية وتضم أنواعا مختلفة من الخلايا التى تتباين أشكالها بين متساوية الابعاد isodiametric الى الاشكال التى تميل للاستطالة أو تظهر على شكل

خيوط رفيعة ومتفرعة . وتتميز السكلريدات بوجود جدار ثانوي سميك ملكنن به نقر بسيطة عادة . وقد توجد في مختلف الاعضـــــاء النباتية كالسيقان والاوراق والبذور والثمار . وهى اما ان توجد على هيئة خلايا منعزلة gdioblasts او ان تكون على شكل مجموعات منفصلة أو طبقات متصلة . كما انها قد تكون مقترنة بالنسيج الوعائي أو ان تكون ضمن النظـــام النسيجي الاساسى أو كجزء من النظـام النسيجي الضام حيث تدخل السكلريدات في تركيب البشرة في كثير من البذور ، كما انها قد تتعدى ذلك لتشمل طبقة او طبقات تحت بشرية .

ويتميز النمو في أنواع الخلايا السكلريدية التى تميل للاستطالة أو التى تظهر تفرعا ملحوظا بحصول مايسمى بالنمو الاقتحامي أو الانحشاري gntrusive growth حيث تنمـــو النهايات أو الافرع قميـــا ســالكة طريقها بين الخلايا المجاورة او المسافات البينية .

ويمكن تقسيم الخلايا السكلريدية تبعا لاشكالها الى الانواع الرئيسية التالية :ـ

١ـ الخلايا القزمية أو الحجرية **Brachysclereids or stone cells**

وهى شبيهة الى حد كبير بالخلايا البرنكيمية غير أنها تختلف عنهـا بجدرانها الثانوية السميكة الملكننة (شكل ٥ـ٦ حـ) ويتميز هذا النوع من السكلريدات بكونها تميـــل الى الشكل متساوي الابعاد isodiametric وبوجود النقر المتشعبة Branching or Ramiform pits حيث تبدو فيها النقر على هيئة قنوات متشعبة branched canals . وغالبا مايكون شكل السكلريدات من هذا النوع مشابها للخلايا البرانكيمية المجاورة مما يؤيد نشوءها عن طريق تصلب sclerification جدران الخلايا البرنكيمية وتكون جدرانه ثانوية ملكننة . ومن الامثلة على النباتات التي يوجد بها هذا النوع من السكلريدات نبات الشمع Hoya (wax plant) حيث تتواجد في قشرة الساق، وكذلك في ثمار نبات الكمثرى (pear) Pyrus communis

حيث توجد الخلايا الحجرية بشكل مجموعات تتخلل الخلايا البرنكيمية المكونة للجزء الطري للثمرة fruit flesh ،وكذلك في ثمار الحيوة Cydonia (guince) حيث توجد الخلايا الحجرية بصورة مفردة او في مجموعات .

٢ ـ السكلريدات العصوية (أو الكبيرة) Macrosclereids

وتتميز بشكلها الاسطواني الشبيه بالخلايا العمادية (شكل ٥ـ٦ د) كما في الخلايا التى تشكل غلاف البذرة في بذور بعض النباتات كالفاصوليا Phaseolus vulgaris (kidney bean) والبزاليا Pisum sativum (pea) وفول الصويا Glycine max (soy bean)

٣ ـ السكلريدات العظمية
Osteosclereids or bone-shaped sclereids

وهى تشبه السكلريدات العصوية غير انها تتميز عنها باتساع نهاياتها مما يكسبها شكلا شبيها بالعظام (شكل ٥ـ٦ أ) . ومن الامثلة عليها تلك التى توجد في الطبقة الواقعة تحت البشرة في بذور نباتات الفاصوليا والبزاليا وفول الصويا حيث تكون البشرة فيها مكونة من سكلريدات عصوية تليها مباشرة خلايا سكلريدية عظمية . وتوجد السكلريدات العظمية ايضا في النسيج المتوسط لاوراق هاكيا Hakea وكذلك في ثمار نخيل التمر حيث تشكل هذه السكلريدات بضع طبقات في منطقة الميزوكارب الخارجية تفصلها عن خلايا البشرة بضع طبقات من الخلايا البرنكيمية .

٤ ـ السكلريدات الخيطية Trichosclereids of filiform sclereids

وهى خلايا نحيفة وقد تكون متفرعة فتبدو على شكل حرف Y أو حرف L كتلك التى تلاحظ في النسيج المتوسط لاوراق نبات الزيتون Ol.a europeae (olive) (شكل ٥ـ٦ هـ) وعندما تكون هذه الخلايا غير متفرعة تبدو شبيهة بالالياف الا انها لا تكون مستدقة الاطراف كالالياف الحقيقية .

٥ ـ السكلريدات النجمية
Astrosclereids or star-shaped sclereids

ويتميز هذا النوع بخلايا كثيرة التشعب (شكل ٥ـ٦ ب) وتوجد بشكل مثالي في أعناق وأنصال أوراق نبات زنبق الماء Nympheae (water lily) وفي قشرة ساق نبات تروكودندرون Trochodendron وأوراق نبات الشاي وفي أوراق بعض المخروطيات مثل سودوتسوكا Pseudotsuga taxifolia

الخشب
XYLEM

نسيج معقد وظيفته الرئيسة نقل الماء والاملاح المعدنية المتصة من التربة خلال الجذر فالساق فالاوراق حيث يتم صنع الغذاء . ويقترن نسيج الخشب عادة مع نسيج اللحاء Phloem ـ المعني بنقل الغذاء ـ فيكون النسيجان معا ما يسمى النسيج الوعائي Vascular tissue او النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system الذي يشكل شبكة متصلة تمر عبر الاعضاء النباتية المختلفة وتفرعاتها . وتقسم النباتات على أساس وجود النسيج الوعائي أو عدمه الى نباتات وعائية Vascular plants (Tracheophyta) ونباتات غير وعائية Non-vacular Plants Atracheophyte) . ويقوم نسيج الخشب الى جانب وظيفة النقل بوظيفة ميكانيكية حيث يكسب الاعضاء دعامة وقوة نظرا لوجود عناصر ميكانيكية صرفة ضمن هذا النسيج (كالالياف) وللطبيعة القاسية لجدران العناصر الناقلة فيه (القصيبات والاوعية) .

ان الطبيعة الشكلية البارزة لنسيج الخشب ، وكونه يحتفظ بكيانه التركيبي لفترة طويلة من الزمن ، وبقاءه على الجسم النباتي بصورة مستمرة يجعل هذا النسيج مهما ليس فقط بالنسبة لتشخيص الاعضاء أو المجاميع النباتية الحاضرة ، بل يتعدى ذلك ليشمل النباتات المنقرضة Extinct plants حيث يحتفظ هذا النسيج بكيانه في متحجرات الكثير

من تلك النباتات ، مما ساعد على القاء الضوء على العديد من المشـــكلات المتعلقة بالعلاقات التطورية للنباتات Phylogenic relanahip ، والتناظر تركيبي Homology لبعض الاعضاء النباتية ، وما الى ذلك .

يتركب نسيج الخشب في معظم مغطاة البـــذور Angiosprems من قصيبات Tracheids وأوعيـة Vessels وأليـاف Fibres وخلايا برنكيمية Parenchyma cells . وقد توجد في هذا النسـيج اضافة لذلك بعض الخـــلايا الافرازية او السكلريدات Sclereids أو غيرها .

١ ـ القصيبـــات Tracheids

تمثل كل قصيبة خلية مستقلة ذات جدار ثانوي خـال من الثقوب لكنه حاوٍ على نقر Pits . والقصيبات خلايا مستطيلة تموت عنـد النضج وظيفتها الرئيسة مرتبطة بنقل الماء والاملاح المعدنية الذائبة فيه كما انها تقـــوم بوظيفة التدعيم . وتتميز نهايتـا القصيبة بكونهما مدببتين نوعا ما ، لكنهما ليستا مستدقتين بصورة كبـيرة ومنتظمة ، بل يقتصر ذلك على اتجاه واحد أو مستو واحد . وتكون الجدران النهائية للقصيبات مائلة عادة وحاوية على نقر . وتبدو القصيبات مضلعة في المقطع المستعرض ، غير انها قد تميل احيانا الى الاستدارة . وتختلف طريقـة توزيع النقر ـ وهي من النوع المضفوف غالبا ـ باختلاف جدران القصيبة، حيث تكون وفيرة عادة في الجدران النهائية Radial Walls بينما تقل نسبيا أو تنعدم في الجدران المماســية Tangential walls ويتم انتقال الماء والمواد المذابة فيه من قصيبة لاخرى عن طريق النقــر الموجودة في الجدران الفاصلة بينها . وعندما تكون النقر مضفوفة وحاوية على تخت Torus فان مرور الماء يتم عن طريق الجزء الرقيق من غشاء النقرة الذي يقع خارج التخت وفي حالة النقر المرتشقة Aspirated pits يندفع التخت جانبيا مما يؤدي الى غلق فتحة النقرة المضفوفة ، وبذلـك

تفقد الاخيرة وظيفتها في نقل المـــواد . وفي بعض النباتات يكون غشاء النقرة المضفوفة مثقبا كما في بعض الصنوبريات مثل لاركس Larix وسيكويا Sequoia

وتتغلظ جدران القصيبات بصورة مختلفـــة كالتغلظ الحلقي Annular، والحلزوني (Spiral (helical ، والشبكي Reticular والسلمي Scalariform ، هـــذا اضافة الى النوع النقري Pitted الذى ينشأ عن وجود النقر المضفوفة أو البسيطة (شكل ٥ـ٧) .

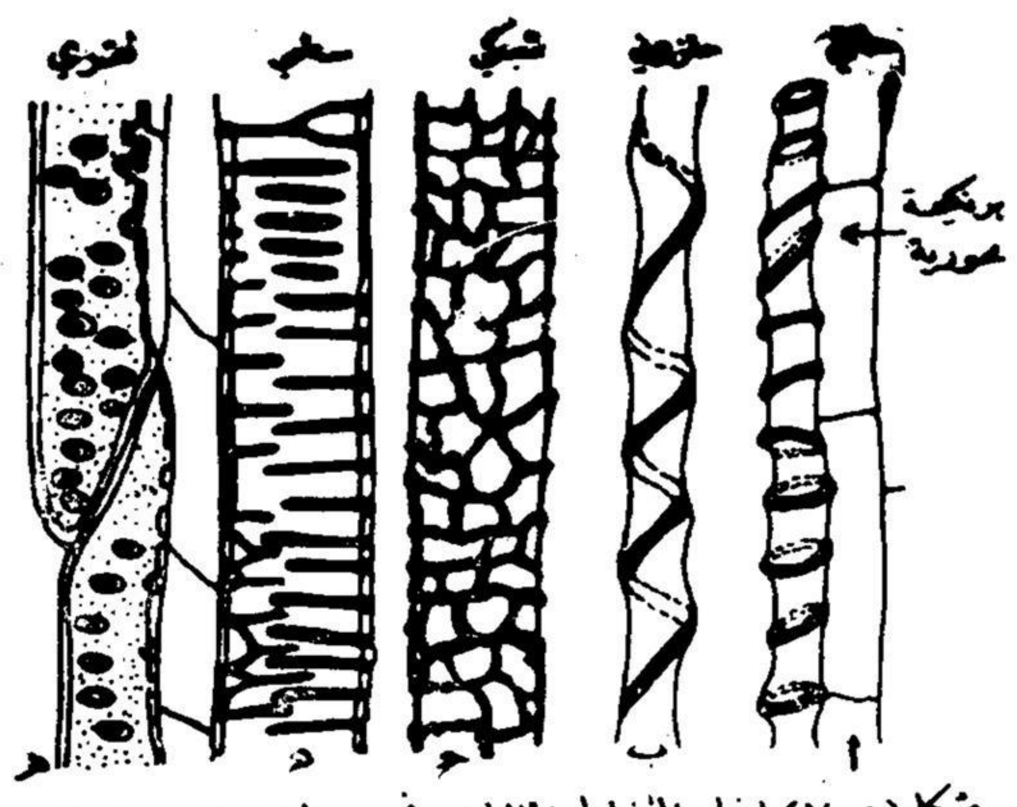
وممـــا تجدر الاشـــارة اليه انـــه في خشـــب عاريات البـــذور Gymnosperms تمثل القصيبات العناصر الناقلة الوحيدة في الخشب عادة ، وكذا الحال بالنسبة للنباتات الوعائية الواطئة Lower vascular plants

٢ ـ أوعية الخشب Vessels .

يمثل الوعاء تركيبا انبوبيا متعدد الخلايا ، ينشأ من سلسلة مـــن الخلايا تتصل مع بعضها البعض عند نهاياتها ، ويطلق على كل خلية منها وحـدة الوعـاء Vessel element or Vessel member وضمـــن الوعاء الواحد تكون الجدران النهائية (المستعرضة) لوحدات الاوعيـــة مثقبة Perforated أو ذائبة بصورة كلية ، وتتعين نهـــــــاية الوعاء بالجدار النهائي الخالي من الثقوب والحاوي على نقر فقط . وكالحـال في القصيبات فان وحدات الوعاء تموت عند النضج وتكون حاويـــة على العصارة Sap المؤلفة من الماء والاملاح المعدنية المذابة فيه . كما ان جدرانها الثانوية الملكننة قـــد تكون هى الاخرى منقـــرة Pitted أو حاوية على تغلظات مختلفة كالحلقي والحلزوني والشبكي والسلمي . وبالنظر لوجود الثقوب في الجدران النهائية لوحدات الاوعية فان العصارة تمر خلالها بحرية ضمن الوعاء الواحد ، بينما يقتصر مرور العصارة خلال الجدران الفاصلة بين وعـاء واخر على النقـــر الموجودة في تلك الجدران .

يطلق على الجدران النهائية ـ أو المستعرضة ـ الحاوية على ثقوب مصطلح الصفائح المثقبة perforation plates . وتوصف هـــذه الصفائح بانها بسيطة Simple perforation plate (شـــكل ٥ـ٧ و ، ز) عندما تكون حاوية على ثقب واحد ، ومركبة Compound perforation plate عندما يوجد بها اكثر من ثقب واحد . وتبعا لاشكال الثقوب وطريقة ترتيبها في الصفائح المثقبة المركبة فانها تصنــف الى سلمية Scalariform (شكل ٥ـ٧ أ،ب،جـ) أو شبكية Reticulate (شكل ٥ ـ ٧ د) كما انها قد تكون شبه علندية Foraminate or Ephedronal في حالات نادرة كما في نبات العلندة Ephedra (شكل ٥ـ٧ هـ) (وهو من عاريات البذور الحاوية على اوعية في نسيج الخشب) . وتتكون الثقوب خلال فترة نشوء اوعية الخشب بفعل انزيمات يفرزها البروتوبلاست مما يعمل على اذابة الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى في المواقع من الجدار التي لم يضف عليها جدار ثانوي . وبذلك فانه تبعا لطريقة توزيع المناطق الذائبة يتعين نوع الصفيحة المثقبة . ومن ثم يموت البروتوبلاست وتنحل مكوناته . ومما تجدر الاشارة اليه أن الوحدات الوعائية القصيرة الواسعة تمثــل حالة اكثر رقيا من الناحية التطورية من الوحدات الطويلة الضيقة ، كما ان الصفائح المثقبة البسيطة تمثل حالة اكثر رقيا من الصفائح المثقبــة المركبة ، ويمثل النوع البسيط اكثر الانواع شيوعا ، يليه النوع السلمي فالشبكي فالدائري . وغالبا ما يقترن الثقب البسيط بالصفائح الناشئة من جدران مستعرضة عمودية على المحور الطولي للوعاء ، بينما تتواجد الصفائح المركبة في الجدران النهائية المائلة .

وبالنظر للتشابه الوظيفي للقصيبات والاوعية فانـــــه يطلق على التركيبين معا مصطلح العناصر القصيبية (أو العناصر الناقلة للخشب) Tracheary elements . ويعتبر وجود الاوعية في الخشب صفـــة مميزة للنباتات مغطاة البذور ، اما في الغالبية العظمى من عاريات البذور والنباتات الوعائية الواطئة فان العناصر الناقلة في الخشب فيها مقتصرة



شكل (٥-٧) انواع التغلظ الثانوي في جدران العناصر الناقلة في الخشب

على القصيبات عادة ، ولا وجود للاوعية في خشبها . يشذ عن ذلك بعض المجاميع الراقيـــة جدا من عاريات البـــذور ــ كما في رتبـــة النيتلات Gnetales حيث توجد في خشبها الاوعية ، وفي حالات نادرة جـدا في النباتات الوعائية الواطئة كما في نبـــات تريديوم **Pteridium** . وهو من النباتات السرخسية التي يحتوى الخشب فيها على أوعية .

ومما تجدر الاشارة اليه ان الاوعية تعتبر اكثر رقيا من الناحيـة التطورية من القصيبات ، كما ان التسلسل في تســـمك جدران العناصر الناقلة في الخشب من الحلقي فالحلزوني فالسلمي فالشبكي ثم النقر يمثل هو الاخر تسلسلا تطوريا يمثل التغلظ النقرى ارقى انواعه . ومما تجدر اضافته ايضا امكان وجود اكثر من نوع واحد من أنواع التسمك في الجدران في نفس العنصر الناقل الواحد . ويسمى مثل هذا النوع ، النوع المختلط Uasa mixla .

٢ ـ اليـاف الخشب Xylem fibers

وهى ألياف مقترنة بنسيج الخشـــب وظيفتها ميكانيكية ، جدرانها ملكننة وأكثر سمكا من جدران القصيبات - وهنالك ثلاثة أنواع رئيسية من الالياف التي قد تتواجد في نسيج الخشب هي الالياف العادية Common fehers الالياف القصب Fiber-tracheids والالياف الجلاتينية Gelatinous fibers وقد يوجد اكثر من نوع واحد من هذه الالياف في نفس الخشب . كما توجد الياف عالية التخصص hibriforn filaers .

تتميز القصيبات الليفية بكونها أقل طـــولا وأرق جدرانا مقارنة بالالياف العادية لنفس الخشب ، كما انها ذات نقر مضفوفة من نـــوع خاص ، حيث ان الاضافات الثانوية للجدار تستمر فوق ضفاف النقرة ، فتكون بذلك قناة ذات فتحتين . وتكون الفتحة الموجودة عند ضفاف النقرة دائرية الشكل وصغيرة نسبيا ويطلق عليها الفتحة الخارجية Outer aperture ، اما الفتحة الداخلية Inner aperture فتقع عند التقاء القناة بتجويف الخلية . وتتخذ الاخيرة شكلا قمعيا مسطحا flattend funnel لذا فهى تبدو في المظهر السطحي على هيئة شق متقاطع . وتتميز القصيبات الليفية عن القصيبات الاعتيادية بكون الاولى اكثر طولا واسمك جدرانا ، كما أن ردهات النقر المضفوفة Pit chambers فيها تكـــون مختزلة نسبيا مقارنة مع نظيراتها في القصيبات . وفي بعض القصيبـــات الليفية قد يبقى البروتوبلاست حيا لفترة من الزمن بعد نضج الجـدار الثانوي قد تصل لعدة سنوات كما في العنب Vitis . وقد تنقسم الخلية الام للقصيبات الليفية او الالياف العادية (المستدقة) بجدران مستعرضة فتتكون سلسلة من الخلايا ضمن جدار الخلية الام . وتكون كل خليـــة حاوية على نواة وسايتوبلازم ومفصولة عن التى تليها بجـدار مستعرض رقيق يمثل جدارا ابتدائيا خاليا من التغلظات الثانوية ، وخاليا مـــن اللكنين . ويطلق على هذا النوع من الالياف مصطلح الالياف المقســـمة (أو المحجزة) Septate fibers . وتوجد القصيبات الليفية في كثير

من النباتات خاصة ذوات الفلقتين ، وهى مألوفة في الكروم ـ كالعنب ـ وفي كثير من الاشجار الاستوائية ٠ وبالنظر للطبيعة الحية للالياف المقسمة فانها تقوم بوظيفة الخزن اضافة الى وظيفتها الاصلية وهى التدعيم ٠

أما الالياف الجلاتينية gelatinous fibres فتتميز بجدرانها الثانوية التى ينعدم فيها اللكنين أو الحاوية على كميات قليلة من هذه المادة ، بينما تزداد في جدرانها نسبة السليلوز ٠ وسميت هذه الالياف بهذا الاسم لكونها ذات مظهر جلاتيني ، وهى موجودة في الخشب الفعال لبعض نباتات ذوات الفلقتين ٠

اما الالياف عالية التخصص للخشب librilform fibres فتكون هي الاخرى حاوية على نقر تتميز بها قناة ، وتكون الفتحة المواجهة للتجويف ذات شكل قمعي مفلطح ، الا ان النقر هنا بسيطة خالية من الردهة Chamber وهى تبدو في المظهر السطحي شقية slit-like او متقاطعة ٠

٤ ـ برنكيما الخشب Xylem parenchyma

خلايا برنكيمية مقترنة بنسيج الخشب ، وظيفتها الرئيسة هى الخزن ، ويقوم بعضها ايضا بالنقل لمسافات قصيرة خاصة بالاتجاه الشعاعي ٠ وتختلف طبيعة المواد المخزونة في الخلايا البرنكيمية للخشب ، كما انها تختلف احيانا في طبيعة الجدار ٠ فبالاضافة الى الماء قد تختزن الخلايا النشاء أو الزيوت أو غير ذلك من المواد الايضية ، كما ان المواد الدباغية tanniferous compounds والبلورات تعتبر من المحتويات المألوفة في برنكيما الخشب ٠وقد تتغلظ جدران الخلايا البرنكيمية بجدران ثانوية ملكننة خاصة في الخشب الثانوي ، وعندها تكون الجدران حاوية على نقر بسيطة أو مضفوفة أو شبه مضفوفة ٠ وقد تنقسم الخلية بحواجز مستعرضة او طولية الى ردهات تحوي كل منها بداخلها بلورة واحدة عادة٠ ويكون وجود الخلايا البرنكيمية بنسبة أوفر في الخشب الابتدائي منها في الخشب الثانوي ، كما انها تكون في الاخير متواجدة بمجموعات منسقة

في نظامين متميزين هما النظام المحوري (أو العمودى) Axial or vertical system والنظام الشعاعي (أو الافقي) radial or horizontal system كما سيرد ذكره فيما بعد عند بحث الخشب الثانوي ٠

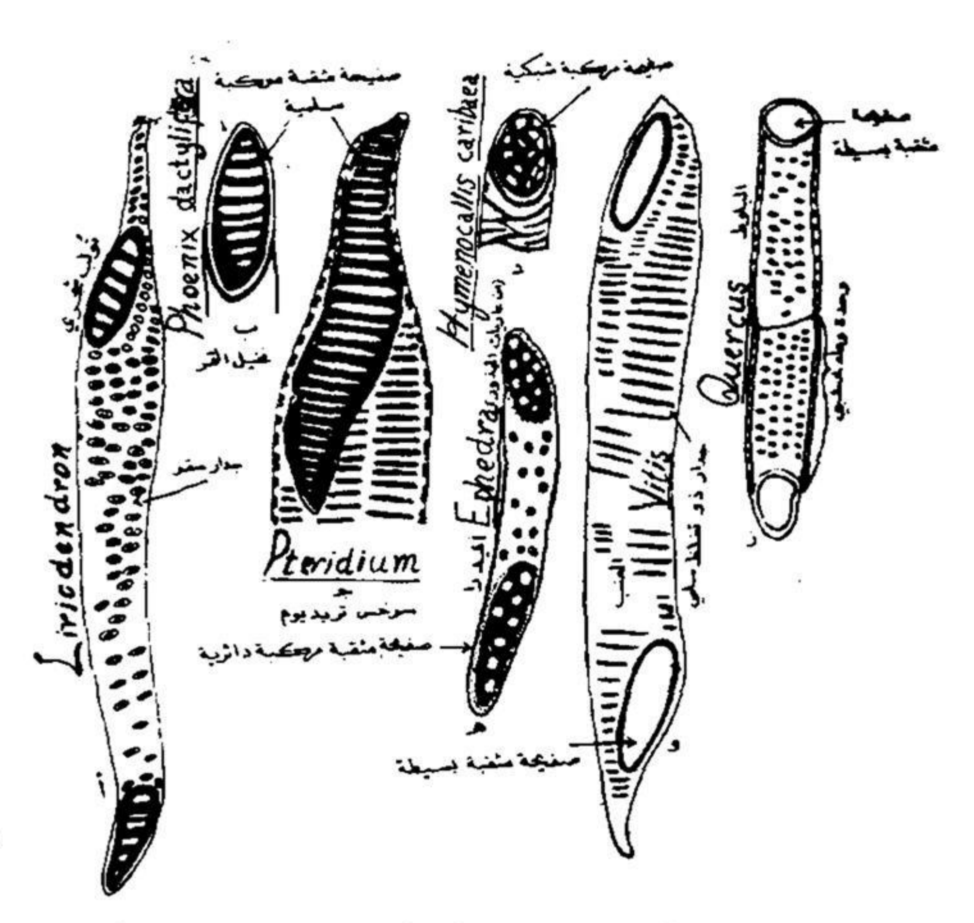
الخشب الابتدائي والثانوي Primary and Secondary xylem

يتميز الخشب تبعا لنشوئه الى نوعين رئيسين هما : الخشب الابتدائي ، والخشب الثانوي ٠ ويتميز الخشب الابتدائي بنشوئه من الكمبيوم الاولي Procambium وذلك خلال فترة النمو الابتدائي للاعضاء النباتية ، بينما ينشأ الخشب الثانوي خلال فترة النمو الثانوي حيث تنشأ عناصره المختلفة من الكمبيوم الوعائي Vascular cambium ٠ يتألف الخشب الابتدائي في سائر مغطاة البذور من نفس العناصر العامة للخشب وهى الاوعية Vessels والقصيبات Tracheids والبرنكيميا Parenchyma والالياف Fibers ، غير ان الالياف قد تكون معدومة ٠ وتكون العناصر المختلفة للخشب بما في ذلك البرنكيما غير منسقة في كثير من الاحيان ، خلافا لما هي عليه الحال في الخشب الثانوي ، الذي تكون مكوناته اكثر تنسيقا ٠ وغالبا ما لا تنتظم الخلايا البرنكيمية في الخشب الابتدائي على هيئة أشعة منتظمة ، وفي حالة وجودها بمثل هذه الصورة في هذا الجزء من الخشب يطلق عليها مصطلح الاشعة الكاذبة False rays تمييزا لها عن الاشعة الحقيقية التى يتميز بها الخشب الثانوي ٠ ويتميز الخشب الابتدائي الى خشب أول Protoxylem يتم تكوينه في الفترة التى يكون فيها العضو النباتي لايزال في حالة تمدد او نمو طولي ، وخشب تال Metaxylem يتم تميزه من الكمبيوم الاولي في وقت متأخر ، ولا يتم نضج عناصره بصورة كاملة الا بعد إكتمال استطالة العضو النباتي ٠ ويترتب على ذلك ان بعض عناصر الخشب الاول ـ وخاصة الملكننة منها ـ تفشل في مواكبة التمدد الحاصل في الانسجة المجاورة مما يؤدي في كثير

من الاحيان الى تمزقها • وتحصل هذه الظاهرة بصورة خاصة في السيقان الفتية ، اما في الجذور فلا يتمزق الخشب الاول في الغالب لكونه لا ينضج بصورة كاملة الا بعد انتهاء مرحلة التمدد السريع في الجذر • أما الخشب التالي فيبقى عادة محتفظا بكيانه التركيبي ومؤديا لوظيفة النقل لفترة اطول في معظم الاعضاء النباتية • وفي النباتات التى لا تعاني تغلظا ثانوياً ، يبقى الخشب التالي هو الجزء الوحيد الذى يؤدى وظيفة نقل الماء والاملاح المعدنية طيلة حياة النبات • ويخلو الخشب الاول عادة من الالياف بينما قد يحتوى الخشب التالى على بعض الالياف •

ومن المميزات التى يختلف فيها الخشب الاول عن التالى طبيعة التغلظ الحاصل في عناصره الناقلة Trachearyʼ elements (شكل ٥-٧) حيث تسود في الاول العناصر ذات التغلظ الحلقي Annular والحلزوني Spiral التى لا تقاوم كثيرا قوة الشد الناتجة عن التمدد السريع للعضو النباتي ، بينما تظهر العناصر الناقلة في الخشب التالي تغلظات من النوع الحلزوني Spiral or helical والسلمي Scalariform والشبكي Reticulate والمنقر Pitted على التوالى وقد توجد هذه الانواع المختلفة من العناصر الناقلة للخشب باية نسبة ، كما قد يوجد نوع واحد منها أو أكثر •

ومما تجدر الاشارة اليه ان اكثر من نوع واحد من التغلظ يمكن ان يلاحظ في نفس الوعاء أو القصيبة • كما ان تسلسل ظهور العناصر الناقلة في الخشب من الحلقي ، فالحلزوني ، فالسلمي ، فالشبكي ، ثم المنقر الذى يلاحظ في الفترات المتعاقبة من نمو الاعضاء النباتية ، يمثل نفس التسلسل التطوري الذى عانته تلك العناصر خلال الاحقاب السالفة من نشوء النباتات الوعائية . وبعبارة اخرى التغلظ الحلقي يعتبر أبسط انواع التغلظ واكثرها بدائية ، بينما يمثل التغلظ المنقر اكثرها رقيا من الناحية التطورية •



(شكل ٥ ـ ٧) وحدات أوعية خشبية أو أجزاء منها توضح أنواع الصفائح المثقبة أ ـ هـ مركبة ، و ـ ز بسيطة

نسيج اللحاء Phloem

نسيج معقد وظيفته الرئيسة نقل المواد الغذائية في النباتات الوعائية بشكل ذائب • ويقترن نسيج اللحاء عادة مع نسيج الخشب في سائر الاعضاء النباتية فيكونان معا ـ كما سبق ـ النسيج الوعائي vascular tissue او النظام النسيجي الوعائي vascular tissue System يتألف اللحاء في منطاة البذور Angiosperms من أنابيب منخلية Sieve tubes وخلايا مرافقة Companion cells وخلايا برنكيمية Parenchyma Cells والياف Fibers اما في عاريات البذور Cymnosperms فيفتقر اللحاء للانابيب المنخلية ، وتوجد بدلا عنها خلايا منخلية Sieve cells تمثل كل منها خلية مفردة ، كما ان الخلايا المرافقة

تكون معدومة ، بينما يقتصر لحاء النباتات الوعائية الواطئة على الخلايا المنخلية والخلايا البرنكيمية .

وكالحال في نسيج الخشب فان نسيج اللحاء يصنف هو الاخر من حيث نشوئه الى لحاء ابتدائي Primary phloem ينشأ من الكمبيوم الاولي ، ولحاء ثانوي Secondary phloem ينشأ من الكمبيوم الوعائي . وكما سيرد شرحه عند بحث التغلظ الثانوي ، فان اللحاء الثانوي يكون منسقا في نظام محوري أو عمودي Axial or Vertical system ونظام افقي أو شعاعي Horizontal or Radial system على نحو ما هو ملاحظ في الخشب الثانوي . تستمر الاشعة اللحائية Phloem rays خلال الاصول الشعاعية للكمبيوم التى كونتها مع نظيرتها في الخشب مكونة سلسلة شعاعية من الخلايا يطلق عليها مجتمعة مصطلح الاشعة الوعائية Vascular rays ، التى تعتبر من الصفات المميزة للخشب واللحاء الثانويين .

وبالنظر للطبيعة غير المتصلبة للعناصر التى تدخل في تركيب اللحاء ـ فيما عدا الالياف والسكلريدات ان وجدت ـ ولكون هذا النسيج لا يستديم على النبات نظرا لتساقطه بين حين واخر ، لذا فان نسيج اللحاء يكون أقل وضوحا من الناحية الشكلية مقارنة بالخشب ، كما انه لا يركن عليه كثيرا في تقدير عمر النبات او في دراسة المتحجرات النباتية ، خلافا لما هي عليه الحال في نسيج الخشب الذي يحتفظ بخصائصه الشكليه ويستديم في النبات عبر السنين ، ويحتفظ بكيانه التركيبي في المتحجرات النباتية بدرجة تفوق كثيرا ما يلاحظ في نسيج اللحاء نظرا لكثرة العناصر المتصلبة فيه والمشبعة جدرانها بمادة اللكنين .

وكالحال في الخشب الابتدائي ،فان اللحاء الابتدائي يصنف هو الاخر الى لحاء اول Protophloem. تتميز عناصره ـ بعد نشأتها من الكمبيوم الاولي ـ في مرحلة مبكرة وذلك قبل اكتمال استطالة العضو النباتي . وعلى ذلك فان عناصره كثيرا ما تتمزق وتفقد وظيفتها بعد فترة قصيرة ،

ولحاء تال Metaphloem لا يحصل تميز عناصره ـ بعد نشوئها مــن الكمبيوم الاولي ـ الا في مرحلة متأخرة ، وذلك بعد اكتمال تمدد العضو النباتي الذي يتكون فيه . ويبقى اللحاء التالى مؤديا وظيفته لفترة أطول نسبيا ، كما انه يمثل في النباتات التي لاتعاني تغلظا ثانويا الجزء الوحيد من اللحاء الوظيفي طيلة حياة النبات . اما في النباتات المعمرة التــي يحصل فيها تغلظ ثانوي، فيحل محله اللحاء الثانوي Secondary phloem حال تكون الاخير بفعل نشاط الكمبيوم الوعائي .

وفيما يلي شرح موجز لاهم العناصر الموجودة في لحاء مغطاة البذور (شكل ٥ـ٨) ـ.

١ ـ الانابيب المنخلية Sieve tubes

تتكون الانبوبة المنخلية من سلسلة من الخلايا تنتظم في صف متصل على هيئة انبوب . وتلتقى الخلايا المكونة للانبوبة المنخلية مع بعضها عند نهاياتها، ويطلق عليها وحدات الانبوبة المنخلية Sieve-tube elements وتحاط وحدات الانابيب المنخلية بجدار ابتدائي رقيق عادة مكون اساسا من مادة السليلوز Cellulose ، ويخلو من مادة اللكنين Lignin . وفي بداية تكوين وحدة الانبوبة المنخلية تكون حاوية على نواة وسايتوبلازم ومحتويات اخرى كالبروتينات ، وقد تحتوى ايضا على بلاستيدات . وعند النضج تنحــل النواة بينما يبقى السايتوبلازم . وتتكون في السايتوبلازم اجسام صغيرة يطلق عليها الاجسام الهلامية Slime bodies التى لا تلبث ان تنتقــل الى العصير الخلوي عندما تمتزج محتويات السايتوبلازم والعصير الخلــوي لوحدات الانابيب المنخلية مع بعضها بعد زوال الغشـــاء الفجوى . وفي المستحضرات المستديمة Permaent preparations المصبوغة لنسيج اللحاء تبدو المادة الهلامية متجمعة عند الصفائح المنخلية مكونة مايسمى السداد المخاطي Sleine ptug . وتتميز الانابيب المنخلية بوجود صفائح منخلية sieve plates في جدرانها النهائية (المستعرضة) للوحدات المكونة لها . وتكون الصفائح المنخلية بوضع افقي متعامد مع المحور الطولى للانبوبة المنخلية ، أو قد

تكون بوضع مائل (شكل ٥ـ٨ أ،ب) • ويعتبر النوع المائـل اقل رقيا من الناحية التطورية من النوع الافقي • وتتميز الصفائح المنخلية بوجود ثقوب Pores فيهـا تخترقها خيـوط بروتوبلازمية سميكة تشـبه البلازمودزمات ، الا انها تتميز عن الاخيرة بزيادة سمك قطرها وباحاطتها بمادة الكالوس Callose في المنطقة التى تخترق فيها هذه الخيوط للصفيحة المنخلية • ويطلق على هذه الخيوط البروتوبلازمية الاشرطة الرابطـة Connecting strands لكونها تربط بين سايتوبلازم الوحدتـين المتتـاليتـين في الانبوبـة المنخليـة . امـا الكـالوس فهو تركيـب يتـألـف من مادة كربوهيدراتية • متعددة السكريات يطلق عليها الكالوز Callose وتنتج المادة الاخيرة عند تحللها جزيئات من سـكر العنب Glucose كما انها تتميز باصطباغها باللون الازرق عند معاملتها بازرق الانيلين Aniline blue أو ازرق الريثورسين Reorcin blue

وبمرور الزمن يزداد سمك اسطوانة الكالوز المحيطة بالخيوط الرابطة على حساب هذه الخيوط نفسها مما يؤدى الى ان تصبح الاخيرة اكثـر نحافة بالتدريج حتى تتلاشى تماما ، وعندما تفقد الانبوبة المنخليـة وظيفتها الناقلة شكل (٥ـ٨) . وعند موت وحدات الانبوبة المنخلية تختفي مادة الكالوز تماما ، وتصبح الصفائح المنخلية ذات ثقوب ظاهرة ، لكنها تصبح خالية من الخيوط الرابطة • وفي حالات نادرة قد تستطيع الانابيب المنخليـة استعادة نشاطها عن طريق تحلل بعض من مادة الكالوس واستعادة نشاط الخيوط الرابطة بعد تكوينها ثانية في فصل الربيع التالي (شكل ٥ـ٨ ب)•

ان الطبيعة الحية لوحدات الانابيب المنخلية تسندها قابليتها عـلى تكوين الكالوز ، وقدرتها على اذابته أحيانا ، وكذلك قدرتها على تكـوين خيوط رابطة في بعض الاحيان ، مما يعزز الطبيعة الحية لها على الرغم من انحلال النواة فيها عند النضج •

وتكون الصفائح المنخلية اما بسيطة simple sieve plates عندما تكون الثقوب منتشرة في الصفيحة دونمـا تمييز ، او مركبـة

compound sieve plates عندما تتجمع الثقوب في مناطق منفصلة يطلق على كل منها مصطلح المســـاحة المنخلية sieve area ، اي ان الصفيحة المركبة تكون حاوية على أكثر من مساحة منخلية واحدة . وقد توجد المساحات المنخلية في الجدران الجانبية لوحدات الانابيب المنخليـــة غير انها في هذه الحالة تكون ذات ثقوب ضيقة جدا مقارنة مع نظيراتهـا في الصفائح المنخلية . وعند وجود المساحات المنخلية في الجدران الجانبية الفاصلة بين وحدات الانابيب المنخلية وبين الخلايا البرنكيمية ، يقابلها عند ذلك حقول نقر ابتدائية Primary pit fields في الشق مـــن الجدار العائد للخلية البرنكيمية . وتعتبر الصفيحة المنخلية البسيطة اكثر رقياً من الناحية التطورية من المركبة . ان نوع الصفائح المنخلية ليـس واحدا ضمن اجناس العائلة الواحدة ، كما قد يختلف في الانواع التـي تنتمي الى جنس واحد احيانا . وعلى العموم فان وجود الصفائح المنخلية البسيطة مألوف في العوائل النباتية المتقدمة تطوريا مثل عائلة البيلسان Caprifoliaceae بينما توجد الصفائح المنخلية المركبة في الاعشاب والكروم . غير ان ما تجدر اضافته ان جميع الانواع من الصفائح يمكن ان تلاحظ في النباتات الخشبية والعشبية . ان وجود الانابيب المنخليـة يعتبر صفة مميزة للحاء نباتات مغطاة البذور . اما في عاريات البـذور والنباتات الوعائية الواطئة فتوجد بدلا من الانابيب المنخلية خلايا منخلية sieve cells التى تمثل كل منها خلية مفردة . ولا تتحد الخـلايا المنخلية لتكون انبوبة متعددة الخلايا ، بـــل تبقى كل منهـا مستقلة ، ويقتصر اتصالها مع بعضها على الاشرطة إلبلازمية الموجـودة في المساحات المنخلية SieveT ro area والتي تسبه البلازمودزمات الا انها تمثل حالة اكثر تخصصا من البلازمودزمات العادية (شكل ٥ــ٨ د) . وفي بعـض نباتات عاريات البذور توجد جدران ثانوية في الخلايا المنخلية .

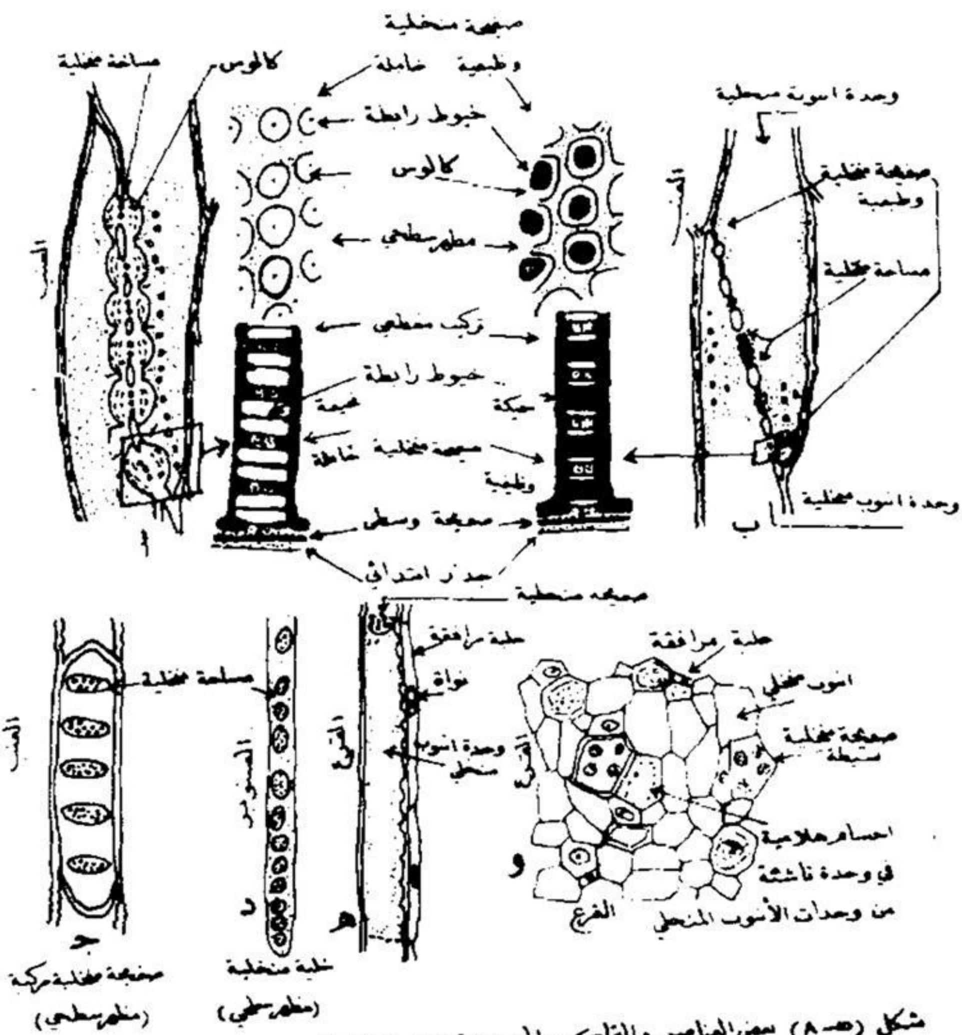
ومما تجدر الاشـــارة اليـــه ان مجموعة النيتيلات Gnetales من عاريات البذور تشذ عن باقي نباتات هذه المجموعة باحتواء لحائهـا

على أنابيب منخلية . وتعتبـــر الانابيب المنخلية تطوريا أكثر رقيـا من الخلايا المنخلية . وبالنظر للتشابه الوظيفي الموجود بين وحدات الانابيب المنخلية والخلايا المنخلية فان مصطلح العناصر المنخلية Sieve elements يستعمل للدلالة على المجموعتين من العناصر الناقلة في اللحاء .

ان فقد النواة في الوحدات المنخلية يجعل عمرها الوظيفي قصيـــرا ينتهي غالبا في موسم نمو واحد أو موسمين . غير ان الخلايا المنخلية في عاريات البذور قد تبقى فعالة لفترة أطول تصل احيانا الى عدة سنوات . وتتميز العناصر المنخلية لبعض السرخسيات وكذلك في بعــض النباتات المعمرة من ذوات الفلقة الواحدة ـ كالنخيل ـ بطول عمرها الفســلجي وتمثل وحدات الانابيب المنخلية القصيرة ذات القطر الواسع حالة كذلك اكثر تقدما من الوحدات الطويلة الضيقة .

٢ ـ الخــلايا المرافقة Companion cells

خلايا برنكيمية متخصصة ذات بروتوبلاست فعـــــال يحتوي على سايتوبلازم كثيف ونواة وغير ذلك من المحتويات (شكل ٥ـ٨ هـ ، و) . وترتبط الخلايا المرافقة مع وحدات الانبوبة المنخلية ارتباطا وثيقـا في الموقع والمنشأ والوظيفة . اذ تقترن بكل وحدة مـــن وحدات الانبوبة المنخلية خلية مرافقة واحدة أو أكثر تمتد بمحاذاتها ، وتنشأ من نفس الخلية المرستيمية التي نشأت منها وحدة الانبوبة المنخلية تلك . ان الارتباط الوثيق بين الخلية المرافقة ـ الحاوية على نواة ـ وبين وحدة الانبوبـة المنخلية ـ الخالية من النواة ـ التى تقترن بها ، يشير الى وجود ارتباط وظيفي بينهما . ويعزز ذلك ان موت الخلايا المرافقة في اللحاء يؤدى الى فقدان الاخير لوظيفته . والخلايا المرافقة ذات جدران ابتدائية رقيقـة حاوية حقول نقر ابتدائية تقترن مع وحدات الانبوبة المنخلية المقابلـة لها بمناطق منخلية في شق الجدار المحيط بوحدة الانبوبة المنخلية . وتنشأ



شكل (هـ-٨) بعض العناصر والتراكيب الموجودة في نسيج اللحاء.

أ، ب، جـ - من ساق العنب . أ - صفيحة منخلية مركبة من مقطع جانبي ، والى يمينها منطقة مكبرة (للاسفل) ومظهر سطحي (للاعلى) . لاحظ اختزال الخيوط الرابطة، وزيادة سمك الكالوس.

ب - مقاطع شبيهة بما موجود في (أ) ولكن في وحدات فعالة

جـ - مظهر سطحي للصفيحة الوسطى المركبة . د - خلية منخلية .

هـ - رسم تخطيطي يوضح بعض عناصر لحاء الفرع في المقطع الطولي. و - في المقطع المستعرض

الخلية المرافقة من نفس الخلية المرستيمية التى تنشأ منها وحدة الانبوبة المنخلية المقترنة بها ، وذلك نتيجـــة لحصـــول انقسامات مماســـية Tangential أو محيطية Periclinal في الخلية الاميه المكونة لهما . ويكون هذا الانقسام غير متكافىء حيث تكـــون احدى الخليتين الناتجتين اكبر من الاخرى ، فتتميز الكبيرة منهما الى وحدة انبوبة منخلية،

بينما تتحول الصغيرة الى خلية مرافقة . وقـــد تعاني الخلية الصغيرة انقساما مستعرضا مرة أو أكثر فتتكون بذلك خليتان مرافقتان أو أكثر لكل وحدة من وحدات الانابيب المنخلية .

ان وجود الخلايا المرافقة يعتبر من الصفات المميزة للحاء مغطاة البذور ، حيث انهـا معدومة في عاريات البذور وفي النباتات الوعائية الواطئة ايضا . وتوجد في لحاء بعض المخروطيات coniferales – وهي من عاريات البذور – خلايا شبيهة بالخلايا المرافقة يطلق عليها الخلايا الزلالية (خلايا الالبومين) albuminous cells . وتختلف الخلايا الاخيرة عن الخلايا المرافقة في عدة وجوه . فبينما تنشأ اي وحدة من وحدات الانبوبة المنخلية مع الخلية المرافقة لها من نفس الخليـة المرستيمية – كما سبق – نلاحظ ان الخلايا المنخلية في عاريات البذور لها منشأ مختلف تماما عن منشأ خلايا الالبومين . واضافة لذلك فان خلايا الالبومين تقع ضمن النظام الشعاعي radial system للحاء ، بينما تقع الخلايا المرافقة ضمن النظام المحوري axial system كمـا ان خلايا الالبومين تحوي على نسبة عالية من الزلال .

٣ – برنكيما اللحـاء Phloem parenchyma

توجد الخلايا البرنكيمية كأحد مكونات نسيج اللحاء سـواء كان ابتدائيا أو ثانويا . وفي اللحاء الابتدائي تكون الخلايا البرنكيمية موجودة في اللحاء بصورة مفردة ، أو على هيئة مجموعات . اما في اللحاء الثانوي فتنتظم بصورة منسقة في نظام شعاعي Radial syslem ونظام محوري Axial system كما سيرد تفصيله عند بحث اللحاء الثانوي في الباب الرابع . والخلايا البرنكيمية للحاء تميل الى الاستطالة ، وقد تتكون في جدرانها احياناً مادة اللكنين ، كما ان بعضها قد يكون مقسماً بحواجز مستعرضة الى ردهات ، وقد تحوي كل ردهة على بلورة منفردة .

ان وظيفة الخلايا البرنكيمية في اللحاء هي الخزن ، حيث تخـزن الماء وبعض المواد الغذائية كالنشاء والدهون والمـواد الدباغية والمـواد الراتنجية ، كما قد توجد فيها البلورات كما سبق . وفي فترات الركود تمتلىء الخلايا البرنكيمية بالنشاء أو الزيت . وبعد موت اللحاء اما ان تبقى الخلايا البرنكيمية على جدرانها السليلوزية الرقيقة أو أن تتغلظ تلك الجدران وتتصلب نتيجة لاضافة جدران ثانوية عليها ، وبذلك تتحول الى سكلريدات sclereids ذات جدران ملكننة في الغالب .

٤ ـ الياف اللحـــاء phloem fibers

تمثل الالياف أحد المكونات المألوفة في لحاء مغطاة البذور سـواء كان ذلك بالنسبة للحاء الابتدائي أو الثانوي ، غير انها قد تكون معدومة في بعض عاريات البذور . اما في النباتات الوعائية الواطئة الموجودة في الوقت الحاضر فيخلو اللحاء من الخلايا السكلرنكيمية . وقد توجد الخلايا السكلريدية Sclereids جنبا الى جنب مع الالياف في نسيج اللحاء ، أو أن تكون موجودة لوحدها في حالات نادرة . وفي اللحاء الابتدائي تـكون الالياف موجودة الى الخارج من هذا النسيج بصورة مجتمعة ، بينما تكون الالياف في اللحاء الثانوي موزعة بطـرق مختلفة ضمن العناصر الاخرى للحاء كما سيرد شرحه عند دراسة اللحاء الثانوي في الباب الرابع .

وتتميز ألياف اللحاء عن نظيراتها في الخشب في كون الاولى تكـون جدرانها ذات نقر بسيطة دائما، وتكون فوهة النقرة صغيرة تميل للاستدارة أو تستطيل قليلا . وألياف اللحاء تكون ملكننة عادة ، وتتداخل نهاياتها المستدقة مع بعضها في المراحل المبكرة من تكوينها مكونة أشرطة من الالياف تكسب الاعضاء متانة وقوة . والوظيفة الرئيسة لالياف اللحاء ميكانيكية تتعلق بالتدعيم ، كما انها تقوم بوظيفة وقائية للانسجة الغضة الواقعة تحتها بما في ذلك الكمبيوم الاولى أو الوعائي ، فتحفظ تلك الانسجة من العوامل الخارجية . وكما سبق فان ألياف اللحاء في نباتات ذوات الفلقتين

تعتبر المصدر الرئيس للالياف في التجارة والصناعة ، كما مر ذكره عند بحث الالياف في الفصل الثاني من الباب الثاني ٠

وتتكون السكلريدات في لحاء بعض النباتات نتيجة لحصول عملية التصلب Sclerification في بعض الخلايا البرنكيمية الموجودة في هذا النسيج ، ويحصل ذلك في المناطق القديمة من اللحاء نتيجة لتكوين جدران ثانوية فيها ، والتى كثيرا ما تكون ملكننة ٠

اللحاء الاول واللحاءالتالي protophloem and Metaphloem

على الرغم من عدم وضوح تميز اللحاء الابتدائي الى لحاء أول ولحاء تالٍ بنفس الدرجة التى عليها نظيريهما في الخشب ، الا ان هنالك بعض الصفات التى يمكن بها التمييز بين هذين النوعين من اللحاء ٠ فاللحاء الاول يمثل ذلك الجزء من اللحاء الابتدائي الذى يتميز من الكمبيوم الاول في مرحلة مبكرة ، وذلك قبل اكتمال استطالة العضو النباتي ، كما انه يحتل موقعا خارجيا في الحزمة الوعائية في سيقان العديد من النباتات٠ وتتميز العناصر المنخلية في اللحاء الاول بكونها اكثر نحافة وأقل وضوحا مقارنة مع نظيراتها في اللحاء التالي ، غير أن النوى فيها تنحل أيضا عند النضج ، كما انها قد تكون مقترنة بخلايا مرافقة ، أو ان تكون الاخيرة معدومة ٠ وقد تكون وحدات الانابيب المنخلية هذه موجودة بهيئة مجاميع في اللحاء الاول أو أن تكون بصورة مفردة ضمن الخلايا البرنكيمية أو غيرها من الخلايا الحية الاخرى ٠ وفي العديد من النباتات ذوات الفلقتين تتواجد العناصر المنخلية ضمن خلايا طويلة حية غالبا ما تمثل بداءات الالياف Fiber primordia التى تتميز فيما بعد الى الياف بعد تهشم وحدات الانابيب المنخلية وفقدان وظيفة اللحاء الاول ٠

اما اللحاء التالى فينشأ من الكمبيوم الاولي في فترة متأخرة ويمثل موقعا محددا في الحزمة الوعائية ، كما انه يتميز بكون وحدات الانابيب

المنخلية فيه تكون واسعة ومقترنة بالخلايا المرافقة بصورة عادية . اما الالياف فتكون معدومة عادة ، غير أن بعض الخلايا البرنكيمية في اللحاء التالي قد تعاني تصلبا في جدرانها متحولة الى خلايا سكلريدية وذلك بعد أن يفقد هذا الجزء من اللحاء وظيفته كنسيج ناقل . وكما سبق ذكره فانه عندما يتهشم اللحاء الاول بعد فترة قصيرة من تكوينه فان اللحاء التالي يبقى مؤديا لوظيفته لفترة أطول ، نظرا لكون تميزه لا يستكمل الا بعد اكتمال استطالة العضو النباتي . وفي النباتات التى لا يحصل فيها نمو ثانوي يكون اللحاء التالى هو الجزء الوحيد الذى يستمر على أداء وظيفة نقل الغذاء في الاعضاء البالغة للنبات طيلة حياته .

اما اللحاء الثانوي الذى ينشأ من الكمبيوم الوعائي فسيرد شرحه بصورة مفصلة عند بحث التغلظ الثانوي .

الخلايا والانسجة الافرازية Secretory cells and Tissues

تضم الخلايا والانسجة الافرازية احيانا على اساس وظيفي في نظام واحد يسمى بالنظام النسيجي الافرازي secretory tissue system أسوة بضم الانسجة التوصيلية أو الانسجة الدعامية في نظام نسيجي واحد . ولكن الوضع بالنسبة للخلايا والانسجة الافرازية قد يختلف وذلك من حيث ان هذه الخلايا وهذه الانسجة لا تربطها رابطة أساسية لا من الناحية الشكلية ولا من ناحية المنشأ كما هى الحال في النظم النسيجية الاخرى . فالخلايا الافرازية قد تتجمع لتكون نسيجا افرازيا كما هى الحال في الغدد الافرازية Secretory glands وحينئذ يمكن اطلاق لفظ النسيج بمعناه الصحيح ، وفي حالات اخرى توجد هذه الخلايا فرادى مبعثرة خلال القشرة أو اللحاء أو الخشب أو النخاع . وعلاوة على ذلك فالانسجة الافرازية المنتشرة في جسم النبات الواحد قد لا ترتبط فيما بينها باية علاقة تجعلها تنتمى الى جهاز نسيجي واحد . وقد يفرق أحيانا بين عمليتي الاخراج Excretion والافراز Secretion وذلك باعتبار ان

الاخراج يحدث عندما تطرد المادة الناتجة الى المسافات البينيـــة أو الى الخارج في حين يحدث الافراز عندما تبقى المادة المنتجة داخل الخلية التى انتجتها . وتتميز الخلية الاخراجية بغزارة السايتوبلازم وكبر حجـــم النواة فيها أما الخلية الافرازية فتتميز بكبر حجم الخلية ذاتها وحجـــم فراغها الذى يكون عادة ممتلئا بالمادة المفرزة . ومن الخلايا والانســـجة الاخراجية الشعيرات الغدية Glandular hairs والقنوات الراتنجيـــة resin ducts والقنوات الزيتية Oiol ducts والقنوات الحليبيـــة laticiferous ducts وغيرها . بينما تتمثـــل الخلايا الافرازية في تلك الخلايا التى تفرز الزيوت الطيارة ethereal oils والمواد الهلامية mucilage والمواد الدباغية tannins وغير ذلك . على أن من المتفـــق عليه بوجه عام بالنسبة للنباتات الراقية هو استعمال لفظ الافراز ليشمل كل حالات الافراز والاخراج معا .

منشا الخلايا الافرازية Origin of Seeretory

قد تنشأ الخلايا الافرازية من طبقة البشرة الاولية Protoderm وبذلك تنتمي في هذه الحالة من الناحية المظهرية الى البشرة . مثال ذلك الشعيرات الغدية والغدد الرحيقية . وقد تنشأ من المرستيم الاساسى وحينئذ توجد في القشرة والدائرة المحيطية والاشعة النخاعية والنخاع كما هي الحال في الخلايا الدباغية Tannin cells . وفي حالات قليلة تنشأ هذه الخـــلايا من الكمبيوم الاولى Procambium أو مـــن الكمبيوم الوعائي Vascular cambium وعندئذ تظهر خلال الخشب أو اللحاء بين الخلايا البرنكيمية مثال ذالك القنوات الراتنجية resin ducts في الصنوبريات.

ويمكن تصنيف الخلايا والانسجة الافرازية الى الانواع الاتية :

١ـ الثغور المائية Hydathodes .

٢ـ الغدد الخارجية أو البشرية External or Dermal glands

٣- الغدد الداخلية (أو الكروية)
Internal (or Globular) Glands

٤- القنوات الافرازية (الانبوبية)
Secretory canals (Tubular type)

الثغــور المائيــة Water Stomata or Hydathodes

تتميز نباتات عديدة باحتوائها على تراكيب خاصة تسمى بالثغــــور المائية تقوم بافراز الماء بحالته السائلة وتستوطن هــــذه النباتات عادة المناطق الاستوائية الرطبة . ويحدث افراز المــــاء عندئذ تحت ظروف انخفاض معدل النتح رغم توفر نسبة عالية من الرطوبة في التربة . يحدث ذلك على سبيل المثال في الليالى الباردة الرطبة عندما يقل النتح بالرغم من استمرار امتصاص الماء بمعدل عال . وتعرف عملية خروج الماء بصورته السائلة من الثغور المائية باسم الأدماع Guttation . وينجم عن حدوث هذه العملية ظهور الماء على هيئة قطرات سائلة مذابا بها القليل مــــن الاملاح في أماكن تواجد الثغور المائية وذلك في الصباح الباكر . وتنتشر الثغور المائية عند قمم أوراق النجيليات وحواف الاوراق بصفة عامة وعند نهايات العروق الرئيسية في الاوراق القرصية مثل أوراق نبات أبو خنجر Tropaeolum وعلى اسنان الاوراق في نباتات كثيرة ، وهى مألوفة في نباتات العائلة الخيمية Umbelliferae وكذلك في العائلة المركبــــــة Compositae . وللثغور المائية فتحات مائية Water pores دقيقة تشبه الى حد كبير الثغور الحقيقية فيما عدا انها تظل مفتوحة بصورة دائمــة ، وذلك لانتظام سمك جدران الخلايا المحيطة بالثغر المائي كما ان الخلايا الحارسة في هذه الحالة تكون اكبر حجما من تلك الموجودة بالثغور الحقيقية true stomata (شكل ٥-٩) . وتبدو القمة التى تحتوى على الثغر المائي عادة منتفخة وتقع عند نهاية حزمة وعائية مكونة من بضع قصيبات او من قصيبة نهائية مفردة فقط . وخلايا الثغر المائي صغيرة الحجم ذات

انوية ظاهرة وسايتوبلازم غزير وتسمى في مجموعها باسم النسيج الطلائي Epithelium وتحتوى فيما بينها على مسافات بينية واسعة يمر خلالها الماء تحت الضغط المائي من القصيبات حتى الفراغ الواقع تحت فتحة الثغر مباشرة وقد يحتوى الثغر المائي الواحد على فتحة مائية Water pore



شكل (٥-٩) الثغور المائية في ورقة زهرة الربيع Primula

واحدة أو على اكثر من فتحة كما في بعض افراد العائلة الخيمية والمركبة.

الغدد الخارجية أو البشرية External or Dermal glands

تقوم هذه الغدد بافراز مختلف المواد مثل محاليل ملحية ومحاليل سكرية أو رحيقية Nectar solutions ومواد تربينية Terpenes واصماغ Gums

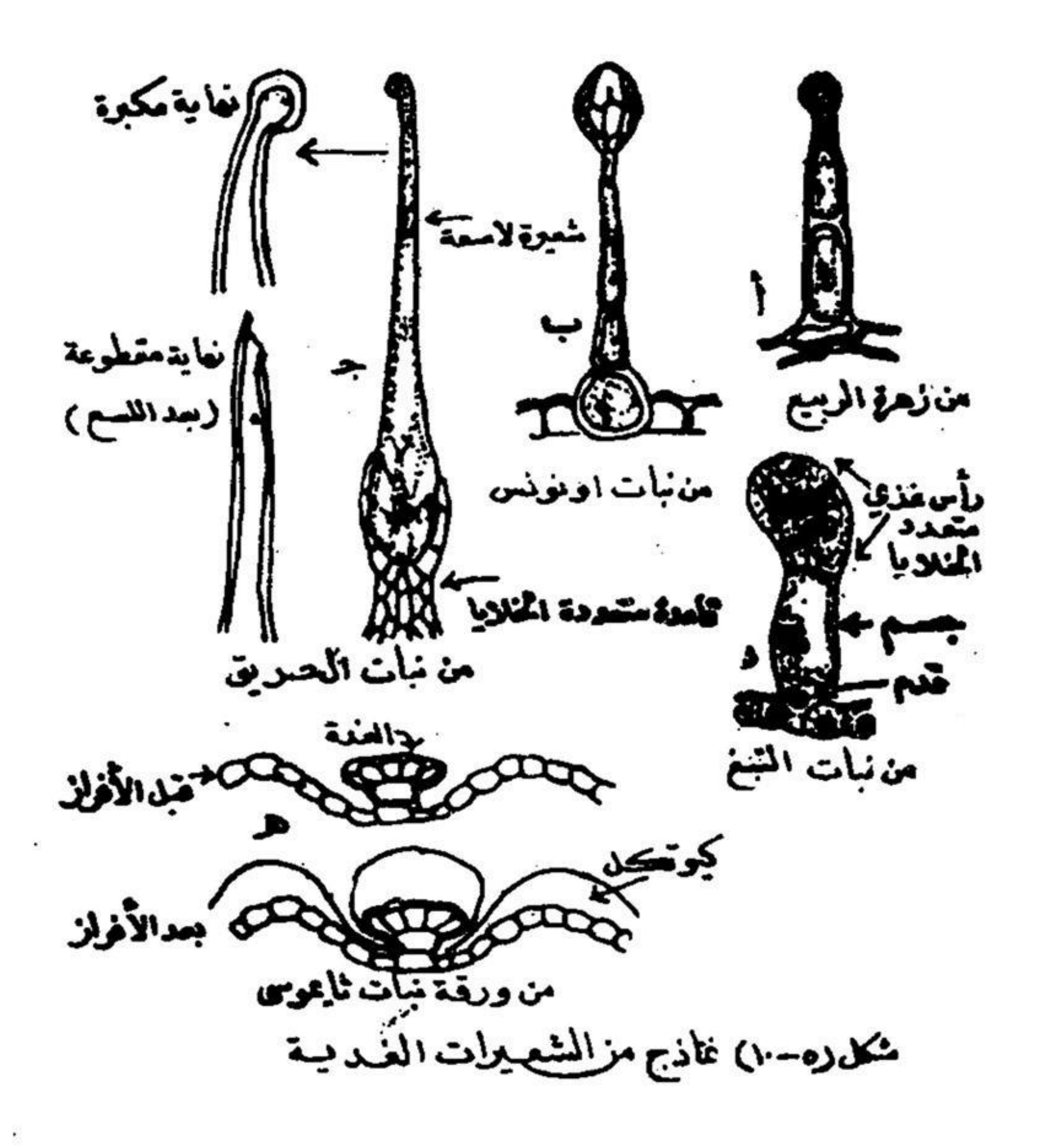
وغيرها . وتضم هذه الغدد الشعيرات الغدية Glandular hairs or trichames (شكل ٥ــ١٠) والغدد الرحيقية Nectaries or nectary glanus والغــدد الهاضمة Digestive glands في النباتات آكلــة الحشرات Insectivorous وآكـــــــلات اللحوم Carnivorous plants .

الشـعيرات الغدية Glandular nairs

تنشأ هذه الشعيرات عن طريق انقسام خلايا البشرة الاولية فينتـج عن ذلك تكوين شعيرة عديدة الخلايا ، تتضخم الخلية أو الخلايا القميـة فيها لتكون غدة عند قمتها . وبذلك تتكون الشعيرة الغدية الكـاملة من جزءين واضحين هما العنق Stalk ويتكون من خلية أو عدد من الخلايا ، ورأس Head مختلف الاشكال متصل بطرف العنق يمثل التركيب الافرازي الحقيقي . والرأس قد يكون وحيد الخلية كا في نبات الشروان والبلعويا من جنس بلاركونيوم **Pelargonium** أو عديدة الخلايا كما في نبات السكران . كما يمكن اعتبار الشعيرات اللاسعة Stinging hairs في نبات الحكيكة **Urtica** من الشعيرات الغدية .

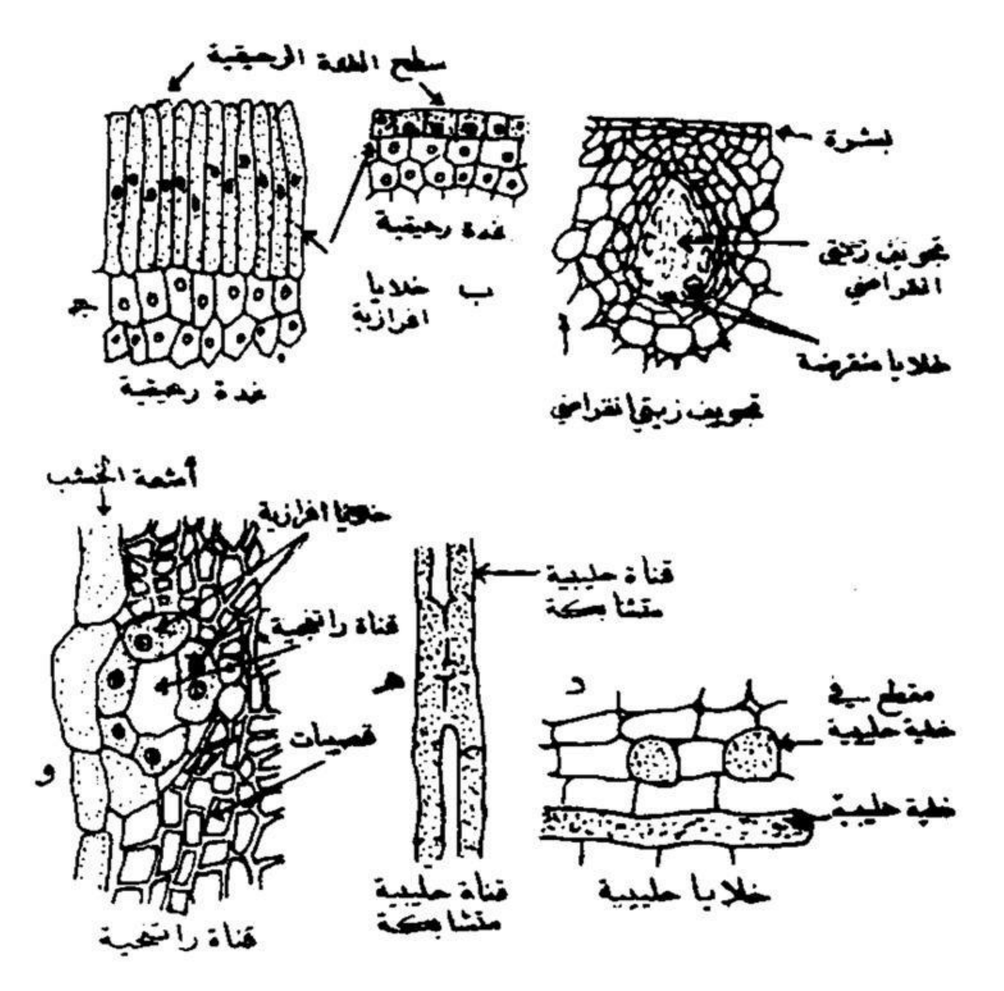
الغــدد الرحيقية Nectaries

توجد الغدد الرحيقية عادة في النباتات التى يحدث فيها التلقيح عن طريق الحشرات . عند ذلك تحتوى الاجزاء الزهرية على خلايا قادرة على افراز مادة جاذبة للحشرات تسمى الرحيق Nectar . وقد يفرز الرحيق ــ وذلك في ابسط الحالات ــ من عدد محدود من الخلايا المتخصصة (شكل ٥ــ١١ ب،جـ) التى تغطى بعض مناطق من الاجزاء الزهرية ، أو من أعضاء خاصة تسمى بالغدد الرحيقية Nectary glands or Nectaries تأخذ في أغلب الاحوال اشكالاً مختلفة . . وتوجد هذه الغدد عادة عــلى الاجزاء الزهرية ذاتها ، الا انها قد توجـــــد على تراكيب خارجية مثل القنابات كمـــا هى الحال في العائلة السوسبية Euphorbiaceae .



شكل (ه-١٠) نماذج من الشعيرات الغدية

والخلايا المفرزة للرحيق تكون عادة سطحية وفي معظم النباتات تشبه الى حد كبير الخلايا البشرية الاخرى باستثناء رقة الادمة Cuticle بها . وفي بعض الاحيان تتميز هذه الخلايا بشكل واضح عن بقية خلايا البشرة وذلك عن طريق شكلها العمادى كما تتميز الخلايا البرنكيمية التى توجد تحتها برقة الجدران والمظهر الافرازي .



شكل (٥-١١) شكل يوضح بعض التراكيب الافرازية في أ - غلاف ثمرة البرتقال
ب - زهرة التفاح) جـ - زهرة بنت القنصل (من العائلة
الوسبية د - قشرة السوسب هـ - جذنس تراكابوكون (طريش الاذن)
و - الصنوبر .

الغـدد الهاضمة Digestive glands

تقتصر هذه الغدد على النباتات آكلة الحشرات حيث تقوم غدد خاصة بافراز الانزيمات الهاضمة للبروتينات ، ثم تقوم هذه الانزيمات بدورها بتحليل المواد البروتينية المعقدة الى مواد بسيطة يقوم النبات بعد ذلك بامتصاصها . مثل هذه الغدد توجد في نبات دروزيرا (أو ورد الشمس)

وفي نبات حشيشة الدهن (butterwort) Pinguicula Drosera

ففي نبات دروزيرا تكون الاوراق طويلة الاعناق ذات انصال دائرية أو بيضية تخرج من حوافها وسطحها العلوي أذرع افرازيـــة Secretory tentacles عديدة ذات نهايات منتفخة ومغطاة بافراز لزج • ويحدث ان تنجذب الحشرات لتلك الاذرع فتهبط على سطح الورقة وتلتصق بـه بتأثير الافراز اللزج ، وعندئذ تنحنى الاذرع تدريجيا الى الداخل حتـى تقبض باحكام على الحشرة • ويحدث بعد ذلك ان تقوم خـــلايا الاذرع بافراز عصارات هاضمة تهاجم جسم الحشرة محولة الاجزاء اللينة فيـه الى مواد ذائبة قابلة للامتصاص اما الاجزاء الصلبة فيتخلص منها النبات عندما تنفرج الاذرع وتعود بعد ذلك الى وضعها الاصلي • اما في حالة حشيشة الـــدهن Pinguicula فان الاوراق تكـــون صفراء جذريـة Radical وتحمل على سطوحها العليا نوعين من الغدد : غدد جالســـة مكونة من خلية واحدة قاعدية وعنق قصير ثم رأس قرصي الشكل مكـون عادة من ثمان خلايا ، وغدد طويلة ممنقة برؤوس مظلية الشــكل تفرز مواد هلامية تلتصق بها الحشرات • وتعتبر الغدد الجالسة هي الغـــدد الهاضمة الحقيقية ، ويبقى سطح هذه الغدد جافا تماما حتى تثار الخلايا الافرازية السطحية بتلامسها او احتكاكها بحشرة ميتة حيث تقوم عندها بافراز المواد الملازمة لهضمها وامتصاصها • كما توجد على السطح السفلى للاوراق غدد شبيهة بالغدد الجالسة الموجودة على السطح العلوى الا ان هذه الغدد تقوم أساسا باخراج الماء •

الغـدد الداخلية أو الكروية Internal or Globular glands

تنشأ هذه الغدد أو التراكيب الافرازية امـــا من المرستيم الاساسى Ground meristem فتوجد في القشرة أو النخاع أو من الكمبيوم الاولى Procambiun فتظهـــر عندئذ في الانســـجة الوعائية بين الخـــلايا البرنكيمية • وتتكون هذه الغدد عادة من مجموعة من الخلايا التى تنشأ

عن طريق انقسام خلية أو مجموعة خلايا مرستيمية . وتوجد امـــا تحت البشرة مباشرة او خلال الانسجة الداخلية . وتكون هذه الغدد كروية الشكل دائرية في المقطع المستعرض كما انها كثيرا ما تتخذ هيئة بقع شفافة يمكن رؤيتها بالعين المجردة . وتتكون الغدة من طبقة واحـدة او عدة طبقات من الخلايا ، تحيط بتجويف مركزي يحتـــوي على افراز زيتي . ويعزى وجود رائحة خاصة لاي نبـــات عادة الى هذا الافراز الزيتي ومن الامثلة البارزة لهذا النوع من الغدد تلك الموجودة في البراعم الزهريـة للقرنفل Eugenia caryophyllata والغدد الموجودة بقشر ثمار الحمضيـات كالبرتقال والليمون . ويتكون التجويف سواء في هذا النوع الكروى من الغدد أو النوع الانبوبي الذى سيأتي الحديث عنه باحدى الطرق الثـلاث الاتية :

١ ـ الانفصال التدريجي للخلايا الافرازية . وعنـــد ذلك يمكن التعرف بسهولة على التجويف عند اكتمال تكوينه بوجود نسيج افرازي أو طلائي Epithelium واضح الحدود يحيط بـه . هذا النوع من التجويف يعـــرف بالتجويف الانفصـــالي أو الانشطاري Schizogenous cavity ويتكون النسيج الافرازي للغدة الانفصالية عادة من طبقة واحدة من الخلايا التى يسهل تمييزها عن بقية الخلايا المجاورة بواسطة صغـــر حجمهـــا وغزارة محتوياتها . مثال ذلك الغـــدد الداخلية في Myrtus zeylanica والقنوات الراتنجية في الصنوبـــر (شكل ٥ـ١١ و) .

٢ ـ تحلل الخلايا الافرازية بعد عملية الافراز وبذلك يبدو التجويف محاطا ببقايا الجدر الخلوية التى لم تتحلل بصورة كلية وبقيت ملتصقة بالخلايا المجاورة . هـــذا النـــوع يسمى بالتجويف الانقراضي Lysigenous cavity . مثال ذلك الغدد الزيتية في ثمارالحمضيات(شكل ٥ـ١١ أ)

٣ ـ قد يحدث احيانا ان تتكون هـــذه التجاويف بالطريقتين معا اي

انفصال الخلايا الافرازية وتحلل بعضها وتسمى في هذه الحالة تجاويف انفصالية انقراضية Schizo-lysigenous eavcties

القنوات الافرازية (الانبوبية)

Secretory canals or ducts (Tubular type)

في عاريات البذور وفي كثير من مغطاة البذور يحدث الافراز خلال أنابيب خاصة تختلف من حيث منشئها وطريقة تكوينها والمواد المفرزة باختلاف النباتات · ومن بين هذه الانابيب الافرازية القنوات الراتنجية والزيتية والصمغية والحليبية وغيرها ·

القنوات الراتنجية Resin duets

تعتبر القنوات الراتنجية من مميزات المخروطيات Conifers وتوجد بصورة طبيعية في الانسجة الابتدائية (شكل ٥-١١ و) ولكنها في الانسجة الثانوية قد توجد كذلك بصورتها الطبيعية كما في حالة الصنوبر Pinus وجنس الكركر Picea, ولاركس Larex أو قد توجد فقط نتيجة تأثر بالجروح أو بأي نوع اخر من الاذي كما في حالة التنوب Abies والارز Cedrus وتسوكا Tsuga وغيرها .

والقناة الراتنجية عبارة عن تركيب أنبوبي مكون من خلايا تحيط بفراغ مركزي ويحاط الفراغ عادة بطبقة من خلايا ذات جدران رقيقة غير ملكننة تدعى الخلايا الطلائية Epithelial cells · والى الخارج من هذه الطبقة توجد طبقة أو أكثر من خلايا مغلظة الجدران وغير ملكننة تدعى الخلايا الغمدية Sheath cells وتبدو هذه الجدران غنية بالمواد البكتية · وقد تضم الخلايا الغمدية فيما بينها خلايا ميتة مكونة اسطوانة تحيط بالخلايا الطلائية وهذه الخلايا الميتة تبطن جدرانها من الداخل صفيحة رقيقة من السوبرين ·

القنوات الصمغية Gum Canals or Ducts

تنتج الظاهرة المسماة بالتصمغ Cummosis أساس من تحور في مواد جدران الخلايا من وجودها على هيئة جدران الى مواد غير متبلورة تتخذ شكل الصمغ • وقد يؤدى التصمغ في الحالات الشديدة الى تكوين تجاويف أو قنوات صمغية ذات منشأ انقراضي وذلك اما في انسجة معينة أو في الانسجة العادية • ففي تحت العويلة الاجاجية Prunoideae يكون الكمبيوم مجموعات خاصة من خلايا برنكيمية بدلا من عناصر الخشب العادية ويبدأ التصمغ مباشرة في هذه المجموعات من المركز وينتشر للخارج تدريجيا ، كما يبدأ التحلل الجداري من الجدار الابتدائي حتى يصل الى اخر طبقة من الطبقات الداخلية للجدار الثانوي المحاذية لتجويف الخلية • وينتج عن ذلك فراغ بالوسط يمتلىء بالمواد الصمغية • وقد تمتلىء بعض الاوعية بالصمغ الا ان الصمغ في هذه الحالة يتكون نتيجة تحلل صفائح الجدار الثانوي • ومن الامور الشائعة حدوث التصمغ في القلف Bark اذ يتكون الصمغ العربي Gum arabic المعروف والذى يفرز بوفرة في أشجار السنط السنغالي Acacia senegal وأنواع اخرى من السنط من القلف • وقد يحدث التصمغ كظاهرة مرضية كما هى الحال في أشجار الموالح كما أنه قد يحدث نتيجة فعل الحشرات أو التضرر من مؤثرات ميكانيكية أو من اضطرابات فسيولوجية •

التراكيب أو القنوات الحليبية Laticifers or Laticiferous canals

التراكيب الحليبية هى تراكيب افرازية (شكل ٥-١١ د ، هـ) وتقوم بافراز مادة خاصة تسمى بالحليب النباتي latex وهو معلق لزج يحتوى على العديد من الدقائق الصغيرة يوجد في كثير من مغطاة البذور تضمها حوالى عشرون عائلة معظمها ينتمي الى ذوات الفلقتين ومن أمثالها العائلة التوتيـة Moraceac والسوسبية Euphorbiaceae الدفلية Apocynaceae والخشخاشية Papaveraceae والمشـارية Asclepiadaceae ، والقليل منها ينتمي لذوات الفلقة الواحدة مثـل

الفصيلة الموزية Musaceae وتنتمي هذه العوائل النباتية اية رابطة الى مجموعات تصنيفية متباينة .

وقد يكون الحليب النباتي معلقا أو مستحلبا في بعض الاحيان الا ان تركيبه يختلف في الانواع المختلفة من النباتات ومن بين الحبيبات العالقة حبيبات مطاط Rubber وشموع Waxes وراتنجات Resins وبروتينات وزيوت طيارة Ethereal oils ومواد مخاطة Mucilage وفي بعض الاحيان حبيبات نشوية . كما قد يحتوى الحليب النباتي على مواد ذائبة باعتباره عصيراً خلوياً ـ مثل الاحماض العضوية ـ .وفي بعض النباتات يوجد علاوة على ذلك مواد اخرى كالمواد السكرية في بعض نباتات الفصيلة المركبة Compositae والمواد الدابغة Tannins كما في الموز Musa وقلويدات alkaloids كما في نبات الخشخاش المنوم Papaver somniferum ويختلف لون الحليب النباتي في مختلف النباتات فقد يكون ابيض حليبي كما في السوسب Euphorbia والخس Lactuca والعشار Asclepias وقد يكون قهوائياً مصفراً كما في القنب Cannabis أو برتقالياً كما في الخشخاش Papaver وقد يكون عديم اللون كما في التوت Morus .

أما وظيفة اللبن النباتي بالنسبة للنبات فغير واضحة فقد يكون ذا قيّمة غذائية في بعض النباتات وقد يعتبر مواداً مدخرة في نباتات اخرى الا ان وجود بعض المواد كالمطاط والتى لا تتأثر باية انزيمات نباتية بغير الحال مع النشا مثلا يجعل هذا الاعتبار غير مقبول ولكن الاعتقاد الاكثر قبولا هو ان الحليب النباتي ماهو الا منتجات ثانوية للتحولات الغذائية وبذلك تكون القنوات الحليبية ماهى الا قنوات ابرازية تستقبل ماتنتهى اليه هذه التحولات . ويوجد الحليب النباتي داخل القنوات الحليبية تحت ضغط وهذا يعلل اندفاعه للخارج بقوة عند حدوث قطع بجسم النبات الحاوي على هذه القنوات .

والجدار الخلوى للقنوات الحليبية ابتدائي رغم انه قد يكون سميكا وبدرجة أكبر من الخلايا البرنكيمية المجاورة في بعض الاحيان . وتحتوى الجدران المغلظة على سليلوز ونسبة عالية من البكتات وانصاف السليلوز Hemicelluiose . ولهذه الجدران قابلية مطاطية بدرجة كبيرة ولا تحتوى الا نادرا على حقول نقرية ابتدائية .

أنواع القنوات الحليبية

تتميز القنوات الحليبية عادة الى نوعين أساسيين همـــا القنوات الحليبية غير المفصلية Non-Articulated laticifers والقنوات الحليبية المفصلية ·

القنوات الحليبية غير المفصلية Non-articulated laticifers
أو الخلايا الحليبية or laticiferous cells

تنشأ هذه القنوات من خلية واحدة تتمدد بدرجة كبيرة مع نمـــو النبات (شكل ٥ـ١١ د) ولذلك فهى تسمى ايضـــا بالخلايا الحليبية laticiferous cells وقد تكون بسيطة كما في نبات عين البزون Vinca (Apocynaceae) والحريق (الحكيكة) (Urticaceae) Urtica والقنب Cannabis (Moraceae) كما انها قد لا تكون متشعبة كما في السوسب (Euphorbiaceae) Euphorbia والدفلـة Nerium Apocynaceae والتـــين Ficus (Moraceae) والمشار Asclepias (Asclepiadaceae) ورغم تشعب الخلايا الحليبيـة فلا يحدث بين الشعب أي تشابك (Anastomosis) على الاطلاق · وفي بعض الحالات تنشأ هذه الخلايا مرة واحدة وبعدد محدود داخل الجنين ثم تمتد بعد ذلك خلال جسم النبات · وفي حالات اخرى تنشأ الخلايا الحليبية مرارا الا انها تظل محصورة في السلامية الواحدة أو في الورقة والفــرع المتصل بها ويوجد هذا النوع في نبات الونكا (عين البزون) ونبات الحكيكة ·

القنوات الحليبية المفصلية Articulated Laticifers
أو الاوعية الحليبية or laticiferous vessels

تتكون القنوات الحليبية المفصلية من عدد من الخلايا تتصل بنهاياتها بطريقة تشبه طريقة الاوعية الخشبية (شكل ٥ـ١١) وقد تبقى الجدران الطرفية كاملة او مثقبة أو قد تتلاشى تماما · ولذلك تسمى هذه القنوات بالاوعية الحليبية · وتميز هذه القنوات بعض أنواع تنتمى الى العوائل المركبة Compositeae والمليقية Convolvulaceae والخشخاشية

Papaveraceae والسوسبية Euphorbiaceae والزنبقية Liliaceae والموزية Musaceae . وقد تكون بسيطة غير متفرعة كما في المــوز والبصل Allium والمليــق Convolvulus ورد التلفون Ipomaea ولكنها قد تتفرع مع استمرار مرورها داخل انسجة النبات مكونة نظامـا معقدا قد تتشابك فيه الفروع باتصالات مستعرضة كمـــا هي الحال في نبات الخشخاش Papaver والموز وشجرة المطاط البرازيلية Hevea brasiliensis المرير Sonchus والخس Lactuca والشيكوريا (طريش الاذن) Cichorium وتراكوبوكون Tragopogon . وتوجد هذه القنوات في كثير من النبــاتـــات في اللحـــاء أو الـــدائرة المحيطيـــة في الساق أو الجـــذر كما توجد ايضا في النسيج المتوسط بالاوراق . وفي نبات الخشخاش يمتد التركيب الحليبي خلال النبات كله الا انه يكون أكثر غزارة في المبيض ويكون بذلك شبكة تمر فروعها الرئيسية موازية للحزم الوعائية وتتصل فيما بينها عن طريق التشابك .

أما في نبـــات المطـــاط البرازيلي Hevea brasileinsis فان التراكيب الحليبية تظهر أساسا في القلف اذ انها قد توجد ايضـــا في النخاع وفي الاوراق . وتمتبر تلك التى تظهر في القلف الداخلي المصدر الرئيسى للمطاط . وهذه تنشأ من الكمبيوم وتنتظم في حلقات متوازيـــة تتصل ببعضها داخل الحلقـــة الواحدة بتشابكات (Anastomses) مماسية . اما في الموز فتقترن الاوعية الحليبية غير المتفرعة بالانســـجة الوعائية على خلاف ماهو مشاهد في البصل حيث لا ترتبط القنوات الحليبية بالانسجة الوعائية باي شكل من الاشكال وانما توجد في النسيج المتوسط للحراشيف .

اما النباتات التى تنتج الحليب النباتي بكميات تســـمح باستخراج المطاط الطبيعي على نطاق واسع فقليلة يأتي في مقدمتها نبات المطـــاط

البرازيلي Hevea brasiliensis من العائلة السوسبية وهذا النبات موطنه الاصلي في البرازيل ولكنه أدخل الى الشرق الاقصى واصبح يزرع على نطاق واسع في الملايو وسوماطرا وسيلان وجاوا وشرق الهند وذلك لانتاج المطاط ·

الباب الثالث

SECTION III

التركيب الداخلي للنبات

INTERNAL STRUOTURE OF PLANT

ف ـ ١ . التركيب الداخلي للجذر
ف ـ ٢ . التركيب الداخلي للساق
ف ـ ٣ . التركيب الداخلي للورقة

تمهيـــــد

ان مكونات الانظمة النسيجية المختلفة تنتظم في الجسم النباتي بطريقة تتلاءم والوظيفة المناطة بكل عضو من الاعضاء النباتية ٠ وتختلف الاعضاء النباتية بعضها عن البعض الاخر بالنسبة لطريقة توزيع النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system ضمن النظـــــام النسيجي الاساسي Ground tissue system ، بينما يحيط النظام الوقائـــي أو الضام Dermal tissue system بالاعضاء النباتية مـــن الخارج ، ممثلا بالبشرة Epidermis خلال مرحلة النمــــو الابتدائي ، وبالبريدرم Periderm بعد مرحلة التغلظ الثانوي في الاعضاء التــي تعاني مثل هذا التغلظ ٠

ان الطريقة الخاصة التى تنتظم بها الانظمة النسيجية وعلاقتها مـــع بعضها تمكن الباحث من تشخيط العضو النباتي عند دراسة مقاطع فيه ، وتلقي ضوء كذلك على المجموعة النباتية ، والتكيفات الموجودة في العضو أو النبات تحت الدراسة.

الفصل السادس

CHAPTER 6

التركيب الداخلي للجذر

INTERNAL STRUSTURE OF ROOT

يمكن تمييز الجذور في النباتات البذرية الى نوعين رئيسيين هما الجذور الوتدية Tap roots المألوفة في نباتات ذوات الفلقتين وعاريات البذور والجذور الليفية Fibrous roots والتى تسود بين ذوات الفلقة الواحدة . وتتميز الجذور الوتدية بوجود جذر رئيسى يتعمق في التربة في حين يتلاشى الجذر الرئيسى في الجذور الليفية لتحل محله جذور عرضية Adventitious roots تنتشر في التربة على مستوى أفقي . ويقوم النوعان من الجذور بالوظائف الرئيسية وهي التثبيت والامتصاص والنقل . الا ان هناك بعض الجذور تتخصص لاداء وظائف معينة اخرى كالتخزين كما في حالة الجذور الدرنية Tuberous roots للبطاطا الحلوة Ipomoea batatus او التدعيم كما في الجذور المساعدة Prop roots للذرة . وتتباين الجذور من حيث تركيبها الداخلي تباينا محدودا ، الا انها تتفق في المميزات الرئيسية التى تميز الجذور عن السيقان . ويعتبر التركيب الداخلى للجذور أبسط الى حد كبير من التركيب الداخلى للساق وذلك يرجع أساسا الى بساطة التركيب الخارجي في الجذر اذ لا يحمل اوراقا او زوائد كالتى توجد في السيقان كما ان الجذر لا ينقسم الى عقد وسلاميات مما يجعل انتظام الانسجة خاصة الناقلة منها وترتيبها داخل الجذور يكاد يكون ثابتا في المستويات المختلفة خلافا لما هو ملاحظ في الساق . وعلاوة على ما تقدم فان الجذر يتميز بوجود تركيب خاص يغطى القمة ويدعى القلنسوة Calyptra (or root cap) . وتوجد القلنسوة في جميع الجذور تقريبا عدا حالات قليلة من بينها جذور النباتات المتطفلة وجذور النباتات ذات التراكيب الجذر فطرية Mycorrhiza . وفي الجذور الهوائية Aerialrools تنعدم القلنسوة ايضاً

غير أنها سرعان ما تتكون بمجرد دخول مثل هذه الجذور التربة وتحولها الى جذور دعامية Pillar roots كما في التين البنغـــالى Ficus benghalensis والتين الهندى F. indica . كما انها توجـــد بحالة أثرية في بعض النباتات المائية . والقلنسوة بوجه عام تقوم أساسا بمهمة وقائية للجذر اثناء تقدمه وتعمقه داخل التربة . وتتكون القلنسوة من خلايا برانكيمية متجانسة لكنها تتجدد باستمرار كلما استهلك جـــزء منها نتيجة احتكاكها بحبيبات التربة وذلك اما عن طريق نشاط مرستيم مستقل هو منشىء القلنسوة Calyptrogen أو من مرستيم مشترك ينتج عن نشاطه تكوين القلنسوة والبشرة معا . ويجعل وجود القلنسوة موقـــع المرستيم القمي للجذر تحت نهائي Subterminal مما يميزه عـــن الساق الذى يكون موقع المرستيم القمي فيها نهائيا Terminal بســبب عدم وجود القلنسوة .

أما بالنسبة لتوزيع الانسجة فمن ابرز ما يميز الجذر عن الســـاق وجود الطبقة الوبرية في بعض مناطقه واتساع منطقة القشــرة وتمركز الانسجة الدعامية بما في ذلك عناصر الخشـــب . ويتميز الجذر علاوة على ذلك في النباتات الوعائية الراقية باتجاه نسيج الخشب بحيث يكـــون الخشب الاول للخارج Exarch بعكس الساق حيث الخشـــب الاول الى الداخل Endarch والخشب التالي الى الخارج . كذلك تترتب الانسجة الوعائية في الجذر ترتيبا قطريا أى أن الخشب واللحاء يقعان على انصاف أقطار مختلفة في حين ينتظم الخشب واللحاء في السوق في حزم جانبيـــة أو مركزية أى على أنصاف أقطار واحدة .

ويمكن تتبع المناطق والانسجة المختلفة التى يتكون منها الجـــذر بدراسة قطاع مستعرض لجذر حديث (شكل ٦ـ١) وسوف يتضح ارتباط هذه الانسجة بالاجهزة النسيجية الرئيسية الثلاثة وهى الضامة والاساسية والوعائية وذلك في منطقة الشعيرات الجذرية كما يلى :

١ ـ البشـــرة Epidermis

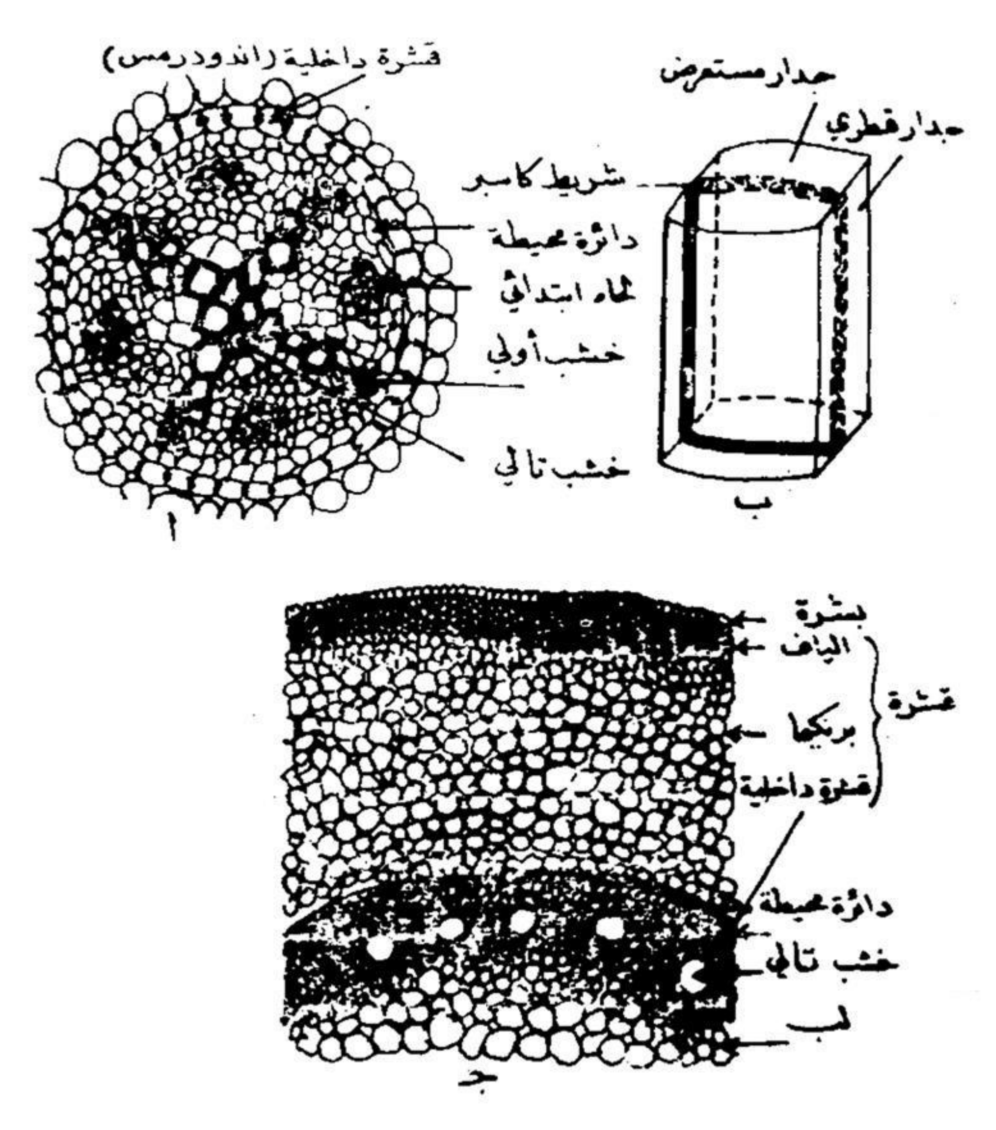
تتميز البشرة في الجذور عادة بعدم وجود طبقة الادمة Cuticle التي توجـــد ببشرة السيقـــان والاوراق كما ان جـــدر الخـــلايـــا لا تكون

مكيتنة وذلك لقيام الجذر في جزء منه بمهمة امتصاص الماء والاملاح من التربة عن طريق الشعيرات الجذرية وهذه الشعيرات تظهر في منطقـــة تدعى منطقة الشعيرات الجذرية · وتقع هذه المنطقة خلف منطقة الاستطالة مباشرة · وتقوم معظم خلايا البشرة في هذه المنطقة بتكوين شعيرات دقيقة يكتمل نضجها حيث يكتمل نضج الخشب ورغم ان مهمة الامتصاص يقـع عبؤها على الشعيرات الجذرية ـ ذلك لان السطح الممتص يزداد كثيرا مع تكوين هذه الشعيرات ـ الا انه قد ثبت ان خلايا البشرة ذاتها قد تقـوم هي ايضا بالامتصاص · وتسمى طبقة البشرة نظرا لوجود هذه الشعيرات باسم الطبقـــة الوبرية Piliferous layer أو طبقـــة الشعيرات الجذرية · ومما يجدر ذكره ان الشعيرات الجذرية موجودة في جذور معظم النباتات الارضية ، بينما الغالبية العظمى من النباتات المائية تكون خالية من الشعيرات الجذرية · غير أنه لو تركت جذور نبات برى ـ كالذرة ـ لتنمو في بيئة مائية فان الجذور المتكونة عندئذ تكون خالية من الشعيرات الجذرية · وعلى العكس من ذلك فانه لو نقل نبات مائي مثل ايلـــوديا Elodea canadensis وترك لينمو في بيئة طينية فان ذلك يؤدى الى تحفيز الجذور على تكوين الشعيرات في هذا النبات المائي الذى تخلـو جذوره من الشعيرات عند نموه في البيئة المائية ·

وتنشأ الشعيرة الجدرية عن طريق تمدد الجدار الخارجي لخليـــة البشرةمكونا انبوبا ضيقا ذا جدار خلوىرقيق جدا يمتد اليه البروتوبلازم ليبطن الجدار بطبقة رقيقة أيضا كما تتجه النواة الى وسط الانبوب أو طرفـه · ويتالف جدار الجـــزء الانبوبي من المـــواد البكتية Pectic substances ومادة الكالوس Callose ـ وهى مادة كربوهيدراتية متعددة التسكر Polysaceha rides اضافة الى السليلوز Cellulose . ويصبح للشعيرة فجوة كبيرة نسبياً . وتقوم الشعيرة الجذرية بوظيفتها لوقت قصير عادة بعده تتمزق ثم تسقط أو تتحلل ليحل محلها شعيرات اخرى حديثة في مقدمة الجذر بجوار منطقة الاستطالة وذلك اثنـاء استمرار الجذر في النمو وبذلك تتدرج الشعيرات من حيث العمر بحيث تكون الشعيرات الحديثـة أقرب الى قمة الجذر · وتبعا لذلك تواجه منطقة الشعيرات تربـة جديدة

باستمرار ٠٠ اما المنطقة التى تذوى بها الشعيرات فقد تتسوبر فيها خلايا البشرة وفي حالات كهذه تستطيع طبقة البشرة ان تصمد لفترة طويلة متحولة هي ذاتها الى طبقة القشرة الخارجية exodermis كما هي الحال في جذور بعض النباتات التى لا تمارس التغلظ الثانوي ٠ ولكن ما يحدث في معظم الاحيان هو ان تتمزق خلايا البشرة وتتسوبر خلايا الطبقة التى تحتها لتكون طبقة القشرة الخارجية ٠

وفي بعض السحلبيات الاستوائية Tropical Orchids التي تعيش فوق اشجار epiphytes والتى لها جذور هوائية تحتوى تلك الجذور على منطقة خارجية تقع خارج طبقة القشرة الخارجية مباشرة تسمى البرقع velamen وتمثل بشرة عديدة الطبقات Multiseriate or multiple epidermis اذ أنها تنشأ من البشرة الأولية عن طريق إنقسامات، محيطية periclinal divisions متتالية ، وبذلك يمكن اعتبار هذه المنطقة من حيث نشوئها مماثلة لطبقة البشرة في الجذور العادية ٠ ونسيج الفيلامين يتكون من طبقة واحدة الى عدة طبقات من الخلايا ، وتحدها من الداخل طبقة القشرة الخارجية . والخلايا محكمة التركيب غير حية ذات جدر ثانوية مغلظة من الداخل بتغلظ حلزوني أو شبكي وخلايا الطبقة الخارجية منها تحتوى جدرها الخارجية على نقر دقيقة ٠٠ وتمتلىء هذه الخلايا بالهواء في وقت الجفاف أما مع وجود الرطوبة سواء عن طريق المطر أو الندى فان خلايا البرقع تمتلىء بالماء ولذلك كان يعتقد ان للبرقع وظيفة امتصاصية كتلك التى لطبقة الشعيرات الجذرية في الجذور العادية الا ان البحوث الحديثة اثبتت بان خلايا البرقع بالاضافة الى خلايا الاكسودرمس تكاد تكون غير منفذة للماء وبعض الاملاح مما يحمل على الاعتقاد بان لطبقة البرقع وظيفة وقائية فهى بتغلظ جدرها وتسوبرها تصبح قادرة على حماية الجذر الهوائي من فقدان مائه خلال أنسجة القشرة ولاسيا مع وجود طبقة القشرة الخارجية ذات الجدر المسوبرة ايضاً .



شكل (٦-١) ا - مقطع مستعرض في الجزء المركزي من جذر الشقيق وهو من ذوات الفلقتين (ب) خلية من خلايا القشرة الداخلية توضح امتداد شريط كاسبر (ج) جزء من مقطع مستعرض في جذر الذرة .

٢ - القشـــرة CORTEX

تتسم القشرة في الجذور عادة باتساعها اذا ماقورنت بقشرة السيقان ويرجع هذا اساسا الى تمركز الانسجة الدعامية بما في ذلك أنسجة الخشب في وسط الجذر ليصبح الجذر قادرا على مقاومة عوامل الشد التى يتعرض لها ٠ ولذلك تتميز السيقان الارضية كالريزومات وغيرها بسـعة القشرة لتعرضها لنفس المؤثرات الميكانيكية التى تتعرض لها الجذور ٠ كمـا ان

الجذور التى تتعرض لعوامل الضغط كتلك التى تتعرض لهـا السيقان بصفة عادية تتميز بتواجد الانسجة الدعامية للخارج كمـا هو الحال في السيقان • وحينئذ تكون ذات نخاع واسع مثل الجذور الدعامية في التين البنغالي •

ونظرا لاتساع القشرة في الجذور بشكل عام فانها قد تقوم بوظيفة الادخار ويختزن بها بعض المواد كالنشا • هذا فضلا عن تلك الجذور التى تقوم بعملية التخزين كمهمة أساسية حيث تكون القشرة فيها لحمية ، ويبلغ سمكها عدة أمثال سمك العمود الوعائي •

وفي الجذر الحديث تبدو القشرة كمنطقة واسعة ذات خلايا كبيـرة ومستديرة أو متساوية الابعاد بحيث تضم فيما بينها مسافات بينية واسعة ذات أهمية خاصة بالنسبة لعملية التنفس • وفي النباتات المائية تتسـع المسافات البينية في الجزء الداخلى من القشرة بحيث يتكون في ذلك الجزء نسيج كامل للتهوية • وعند وجود الشعيرات الجذرية تتكون القشرة كلية من خلايا بارنكيمية اما بعد ذبول طبقـة الشعيرات فتتسوبر عادة خلايا الطبقة الخـارجيـة من القشرة لتكون طبقة القشرة الخارجيـة . وقد تتسوبر بالاضافة الى الطبقة الخارجية عدة طبقات اخرى بحيث تصبح الاكسودرمس عديدة الطبقات قادرة على القيـــام بحمايـــة الجذر • وتتميز خـــلايا القشرة الخارجية المسوبرة عن خلايا الفلين باحتواء جدرانها على نقر غير موجودة بجدران خلايا الفلين • وتخلو القشرة في الجذور من الخـــلايا الكولنكيمية الا انها قد تحتوى على الالياف كنسيج دعامي • وفي كثير من الاحيان يلي الاكسودرمس من الداخل منطقة مستمرة او مجموعات مـن الخلايا السكلرنكيمية Sclerenelayma . والقشرة تدوم لفترة طويلة في جذور الفلقة الواحدة والتريديات والنباتات العشبية من ذوات الفلقتين أما في ذوات الفلقتين الخشبية وعاريات البذور حيث يحدث تغلظ ثانوي فالقشرة سرعان ماتتمزق نتيجة هذا التغلظ وتقوم طبقة البريدرم بعد ذلك بمهمة وقاية الجذر .

وتعتبر طبقة القشرة الخارجيـة التي تتكون نتيجة سوبرة الطبقة تحت البشرة بعد تهتك الشعيرات الجذرية الطبقة الاولى للقشرة وهى تشـــبه طبقة القشرة الداخلية Endodermis الى حد كبير من حيث التركيب ومن حيث الوظيفة .

فقد تتغلظ جدرها القطرية فقط او قد تتغلظ الجدر القطرية والجدر المماسية ايضا وحينئذ يمكن تمييز نوعين من الخلايا : خلايا مستطيلة نوعا ما مسوبرة الجدر ، وخلايا قصيرة قليلة العدد غير مسوبرة الجدر تعتبر احيانا خلايا مرور Passage cells . وينتشر وجود طبقة الاكسودرمس في عاريات البذور ومغطاة البذور ولكنها تكاد لا توجد في النباتات الوعائية الواطئة كما انها تكاد تكون موجودة بصفة مستمرة في ذوات الفلقة الواحدة .

ويحد القشرة من الداخل طبقة القشرة الداخلية Endodermis التي تعتبر آخر طبقة للقشرة من الداخل تليها الدائرة المحيطية مباشرة . والقشرة الداخلية واضحة عادة بالجذور خلافاً لما عليه الحال بالساق ، وتكاد تختفي تماماً بحصول التغلظ الثانوي . وتبدو اهمية هذه الطبقة في الجذر الابتدائي في منطقة الامتصاص حيث يحتوي الجدار الخلوي على مادة يعتقد انها سوبرين أو كيوتين أو ماشابه ذلك بشكل شريط يمتد حول الخلية داخل الجدر القطرية Radial Wall والمستعرضة ويطلق على هذا الشريط مصطلح شريط كاسبار Casparian strip وهو جزء من الجدار الابتدائي وليس مجرد تغلظ للجدار إذ أن السوبرين Suberin يتخلل الصفيحة الوسطى ذاتها. ويكون البروتوبلاست ملتصقاً بشريط كاسبار بحيث لا يصبح المرور خلال القشرة الداخلية ممكناً إلا عن طريق السايتوبلازم فقط . وهناك نوعان من القشرة الداخلية : نوع رقيق الجدار تمتد فيه الاشرطة الكسبارية حول الجدر القطرية والمستعرضة او الطرفية ويسمى هذا النوع الابتدائي وهو الاكثر شيوعاً ويوجد بين التريديات وبعض ذوات الفلقتين . أما النوع الآخر من القشرة الداخلية فسميك الجدار حيث تتغلظ فيه الجدر المماسية الدخالية Inner Tangential Walls بالاضافة الى الجدر القطرية وفي هذه الحالة يترسب السوبرين على الجدار الابتدائي بما في ذلك الاشرطة الكسبارية وهذا النوع يسمى القشرة الداخلية الثانوية Scondary endodermis. وفي بعض الاحيان تتغلظ جميع جدر الخلية وقد يصل التغلظ في بعض الحالات الى درجة بحيث يضيق الفراغ الخلوي الى حد كبير . وفي حالة وجود القشرة الداخلية الثانوية كثيراً ماتبقى بعض الخلايا المنفردة رقيقة الجدر ويطلق عليها في هذه الحالة مصطلح خلايا المرور Passage cells ، وهذه الخلايا تقع عادة مقابل عناصر الخشب الاول ، ويظهر بها التنقر بصورة غزيرة على جدرها القطرية والمماسية ويشيع وجود القشرة الداخلية الثانوية في جذور ذوات الفلقة الواحدة .

٣ ـ الاسطوانة الوعائية VASCULAR CYLINDER

يحد الاسطوانة الوعائية من الخارج الدائرة المحيطة Pericycle التي تعتبر الطبقة الخارجية من الاسطوانة الوعائية تليها مباشرة الى الداخل الانسجة الوعائية .

وتتميز الدائرة المحيطة في الجذر بأنه ضيق نسبياً يتكون عادة من طبقة واحدة أو طبقتين من الخلايا البرانكيمية ويندر ان يكون من عدة طبقات كما في جذر نبات الصبير Opuntia الدائرة المحيطة تكون عادة مستمرة الا انها قد تصبح غير متصلة عندما تتاخم الأذرع الخشبية مباشرة طبقـــة الاندودرمس . وكثيراً ماتتعرض بعض خلايا هذه الطبقة الى فقدان التميز إذ سرعان ما تستعيد قدرتها على الانقسام وتصبح منشئة لتراكيب جديـــدة نتيجة تكوينها لمرستيمات ثانوية ، فمنها تنشأ الجذور الجانبية ومنها يتكون الكمبيوم الفليني Phellogen or Corkeambion الذي تنتج عنه بعد ذلك طبقة البريدرم ، كما أن جزء من الكمبيوم الوعائي ينشأ منها .

وخلايا الدائرة المحيطة البرانكيمية قد تقوم بوظيفة الخزن كسائر الخلايا الـبرانكيميـــة كما أنهـــا قـــد تـــدخر بخـــلايـــا أو قنوات افرازيـــة كما في جذور نباتات العائلة الخيمية Umbelliferae ، وفي الجذور المسنة قد تتغلظ خلايا البريسيكل بمادة اللكنين أو السوبرين كما هي الحال في جذور نبات السمار Juncus .

الانســجة الوعائية Vaseulor Tissues

ينتظم الخشب واللحاء في الجذر الابتدائي انتظاما قطريا بمعنى ان الخشب واللحاء يقعان على أنصاف أقطار متبادلة وذلك بالاضافة الى أن عناصر الخشب الاول تتجه للخارج أما الخشب التالي فيتجه للداخل أي ان الخشب يكون حينئذ خارجي الخشب الاول Exarch ، وفي جذور ذوات الفلقتين يحتل نسيج الخشب في أغلب الاحوال مركز الجذر أو قد يفسح المجال لنخاع ضيق وتتخذ عناصر الخشب عندئذ هيئة عمود مركزي يتجه بحواف بارزة نحو الدائرة المحيطة تحتضن فيما بينها مجموعات اللحاء في حين

يفصل بين اللحاء والخشب نسيج بارنكيمي . أما في جذور ذوات الفلقة الواحدة فيوجد عادة نخاع واسع نسبيا ولاسيما في النباتات العشبية منها ·

ويختلف عدد الانواع الخشبية اختلافا كبيرا في المجموعات المختلفة من النباتات . ففي جذور ذوات الفلقتين يكون العدد صغيرا اذ يتراوح مابين ذراعين وثمانية اذرع · ويندر ان يصل العدد الى ١١ أو ١٢ ذراعا كما هي الحال في الجذور الهوائية لنبات التين البنغالي · اما في جذور ذوات الفلقة الواحدة فقد يصل عدد الاذرع الخشبية الى ١٥ أو ٢٠ مع وجود بعض الحالات التي يظهر بها عدد محدود من الاذرع الخشبية كجذر نخلة التمر Date palm . ولقد تبين أن عدد الاذرع الخشبية بالجذر قد يكون ثابتا في بعض الانواع وقد يتغير في انواع اخرى · كما ان هذا التغير قد يكون محدودا بمعنى أن تظهر الجذور ثنائيه الاذرع Diarch او رباعية الاذرع Tetrareh في بعض الانواع ، وثلاثية Triarch أو سداسية Hexarch في أنواع اخرى · ولذلك يوصف الجذر بانه ثنائي الاذرع مثل جذر البنجر Beta vulgaris وجذر الفجل Raphanus أو ثلاثي الاذرع مثل جذر البزاليا Pisum او رباعي الاذرع مثل جذر الباقلاء Vicia faba وجذر الشقيق Ranunculus وجذر القطن · أو خماسي الاذرع مثل جذر العنب Vitis أو عديد الاذرع Polyarch مثل جذر التين البنغالي · كما تبين انه نتيجة لقلة الاذرع الخشبية بذوات الفلقتين فان عدد العناصر الخشبية في الذراع الواحدة يكون كبيرا اذا ما قورن بعددها في الاذرع الخشبية بجذور ذوات الفلقة الواحدة · وفي وفي عاريات البذور والتريديات تحتوى الجذور على عدد قليل من الاذرع الخشبية ·

وفي الذراع الخشبي الواحد توجد العناصر الوعائية الضيقة للخارج هي تمثل الخشب الاول Protoxylem الذي تنضج عناصر بصورة مبكرة ، أما الداخلية فتكون الخشب التالي Metaxylem الذي تنضج عناصره بصورة لاحقة . ويتكون الخشب الاول من عناصر حلزونية Spiral او حلقية Annular أو سلمية Scalariform قادرة على التمدد والاستطالة اثناء نمو الجذر في حين يتكون الخشب التالي من عناصر شبكية او منقرة

أقل قابلية على التمدد وتزداد اتساعا باقترابها من المركز وقد تحتوى جدرها الثانوية على نقر مضفوفة • وينضج اللحاء بنفس طريقة الخشب بحيث تتواجد عناصر اللحاء الاول Protophloem للخارج وعناصر اللحـــــاء التالي Metaphloem للداخل •

اما الخلايا الواقعة بين الخشب واللحاء والتي تكون عادة ذات طبيعة برانكيمية فتقوم - في الجذور التى يحدث بها تغلظ ثانوي - باستعادة قدرتها على الانقسام وتكوين كمبيوم وعائي ينتج عن نشاطه ظهور الانسجة الثانوية Saconolary tissues . أما في الجذور التي لا يحدث بها مثل هذا التغلظ فإن هذه الخلايا قد تبقى برانكيمية دائمة أو تتحول الى خلايا سكرنكيمية Sclerenehyma .

الفصل السابع

CHIPTER 7

التركيب الداخلي للساق

INTERNAL STRUCTURE OF STEM

يعتبر التركيب الداخلي للسيقان بوجه عام معقدا الى حدما اذا ماقورن بالتركيب الداخلي للجذور نظرا لان الساق تحمل الاوراق والفروع بالاضافة الى الاعضاء التكاثرية ، وهي لذلك تنقسم الى عقد وسلاميات وإن لم يكن ذلك بشكل واضح في بعض الاحيان . ورغم ذلك يمكن اعتبار التركيب العام متشابهاً في الحالتين نظراً لوجود الانظمة النسيجية الرئيسية الثلاثة وهي الضام والاساسي والوعائي في كل من الجذر والساق على السواء . على أن توزيع هذه الانظمة النسيجية يختلف بصورة رئيسية في الجذور عنه في الساق ولاسيما بالنسبة للانسجة الوعائية . ففي السيقان بوجه عام يوجد الخشب واللحاء الابتدائيان على انصاف اقطار واحدة ، ويكون الخشب الابتدائي داخلي الخشب الاول Endarch على العكس مما هو شائع بالجذور حيث يكون الخشب الابتدائي خارجياً والخشب الاول Exarch

ويمكن مقارنة التركيب الداخلي للسيقان الحديثة بين المجموعات المختلفة من النباتات على اساس توزيع الانسجة الاساسية والانسجة الوعائية • ففي الصنوبريات وذوات الفلقتين تبدو الانسجة الوعائية عادة بشكل اسطوانه يحدها من الخارج منطقة القشرة ومن الداخل منطقة النخاع ، كما تبدو الاسطوانة الوعائية مجزأة الى حزم متقاربة ومرتبة في حلقة تفصلها عن بعضها الاشعة النخاعية Pith rays ، وهي نسيج برانكيمي ينتمي الى النسيج الاساسي . اما في معظم ذوات الفلقة الواحدة Monocolylecons وفي كثير من السراخس ferns وفي بعض النباتات المشبية من ذوات الفلقتين Some nerbaceous Dicots فلا تبدو الحزم الوعائية في المقطع العرضي منتظمة في حلقة واحدة وانما في عدة حلقات أو أن تكون مبعثرة دون انتظام خلال النسيج الاساسي • وفي هذه الحالات الاخيرة لا يتميز النسيج الاساسي Ground tissue بشكل واضح الى

قشرة Cortex ونخاع Pith واشعة نخاعية Pith rays .

ويمكن تتبع الانسجة المختلفة التي تتكون منها ساق حديثة من الخارج الى الداخل كما يلي :

١ ـ البشرة Epidermis

تتكون البشرة عادة من طبقة واحدة مستمرة من الخلايا لا تخترقها سوى فتحات الثغور stomata التي تقوم بوظيفة تبادل الغازات بين الانسجة الداخلية للنبات والوسط الخارجي • وهي تقوم اساسا بمهمة حماية النبات ضد الفقدان الزائد للماء وضد التضرر من المؤثرات الخارجية •

وتتغلظ الجدر الخارجية لخلايا البشرة بطبقة الكيوتيكل Cuticle أو الادمة فتصبح أقدر على القيام بوظيفتها ، كما انها قد تحمل أنواعا مختلفة من الزوائد أو الشعيرات نتيجة لامتداد خلاياها على هذه الصورة • وخلايا البشرة خلايا حية قادرة على استعادة قدرتها على الانقسام لتساير زيادة الساق في الطول أو في السمك وذلك عن طريق الانقسامات القطرية• يبدو هذا اكثر وضوحا واهمية في تلك السيقان التي يحدث بها تكوين البشرة المحيطة (البريدرم) من البشرة في وقت متأخر .

٢ ـ القشرة Cortex

تكون القشرة في السيقان ضيقة عادة اذا ما قورنت بقشرة الجذور وتتميز في السيقان الخضر باحتوائها على نسيج كلورنكيمي قد يمتد كمنطقة مستمرة تحت البشرة مباشرة أو يتواجد في مناطق محددة يتبادل فيها مع مجموعات من الخلايا الكلولنكيمية كما في ساق الينسون Pimpinella anisum وغيره من نباتات الفصيلة الخيمية Umbelliferae او السكلرنكيمية كما في ساق الذرة وغيرها من النجيليات Grasses . والنسيج الكلورنكيمي قد يتكون من خلايا برنكيمية عادية من حيث الشكل كما في ساق السفندر Ruscus sp. الا ان بعض السيقان تحتوى على خلايا عمادية حقيقية وذلك عندما تقوم هذه السيقان بعملية التمثيل الضوئي Photosynthesis

بصورة رئيسية نتيجة لضمور الاوراق أو لعدم وجودها في سيقان كازورينا Casuarina وستاتيس Statice sp. ٠ اما النسـيج الكولنكيمي في القشرة فقد يتخذ شـكل طبقـة مستمرة كمـا في ساق عبـاد الشمس Helianthus annuus والزينيا Zinnia وغيرها ٠ ولكنه غالبا ما يتركز في الاركان أو الزوايا وذلك في السيقان المضلعة مثل ساق الباقلاء Vicia faba والليف Luffa sp. والقرع Cucurbita sp. وغيرها ٠ ويعتبر النسيج الكولنكيمي النسيج الدعامي الاساسي والملائم في كثير من السيقان الحديثة ولاسيما العشبية منها حيث تتعرض هذه السيقان لعوامل الدفع فبفضل هذا النسيج الدعامي ذي القدرة على مقاومة الانثناء تستطيع الساق ان تستعيد وضعها القائم مباشرة بمجرد زوال هذه العوامل ٠ الا انه في حالات كثيرة ولاسيما في النجيليات يقوم بالوظيفة الدعامية نسـيج سكلرنكيمي يقع في المنطقة الخارجية من قشرة الساق ٠

ونظراً لعدم وجود طبقة القشرة الداخلية endodermis بصورة متميزة في سيقان معظم النباتات الراقية ، فإنه من الصعب في أكثر الاحيان تحديد الطبقة الداخلية للقشرة ،خلافاً لما هو ملاحظ في الجذر حيث توجد القشرة الداخلية نموذجية حاوية على أشرطة كاسبر Casparian strips ٠ وفي بعـض النباتات العشبية تكون الطبقة الداخلية للقشرة متميزة عمـا يجاورها وذلك باحتوائها على حبيبات نشوية ، وفي حالات كهذه يطلق على مثل هذه الطبقة مصطلـح الغمـد النشوي Starch sheath كما في ساق نبـات منقـار الطـير Delphinium sp وتكون الخلايا عندئذ رقيقة الجدر ٠ وفي بعض سيقان ذوات الفلقتين توجد طبقة قشرة داخلية حقيقية تظهر بها اشرطة كاسبارية واضحة يمكن مشاهدتها على سبيل المثال في ساق عباد الشمس وسـاق اللايتني (أبو خنجر) Tropaeolum sp. ٠ وقد يعثر ايضا على طبقـة قشرة داخلية حقيقية بين النباتات الوعائية الواطئة مثل سرخس بوليبوديوم Polypodium وذيل الحصان Equisetum sp. ٠ وكذلك في بعض النباتات المائية حيث يحدث الامتصاص خلال السيقان والجذور معا ٠ وقد اصبح من المفضل عدم استعمال مصطلح القشرة الداخلية إلا في الحالات التي

تتميز فيها الطبقة الداخلية من القشرة بتغلظات جدارية خاصة ممثلة باشرطة كاسبار Casparian strips .

٣ ـ الاسطوانة الوعائية Vascular Cylinder

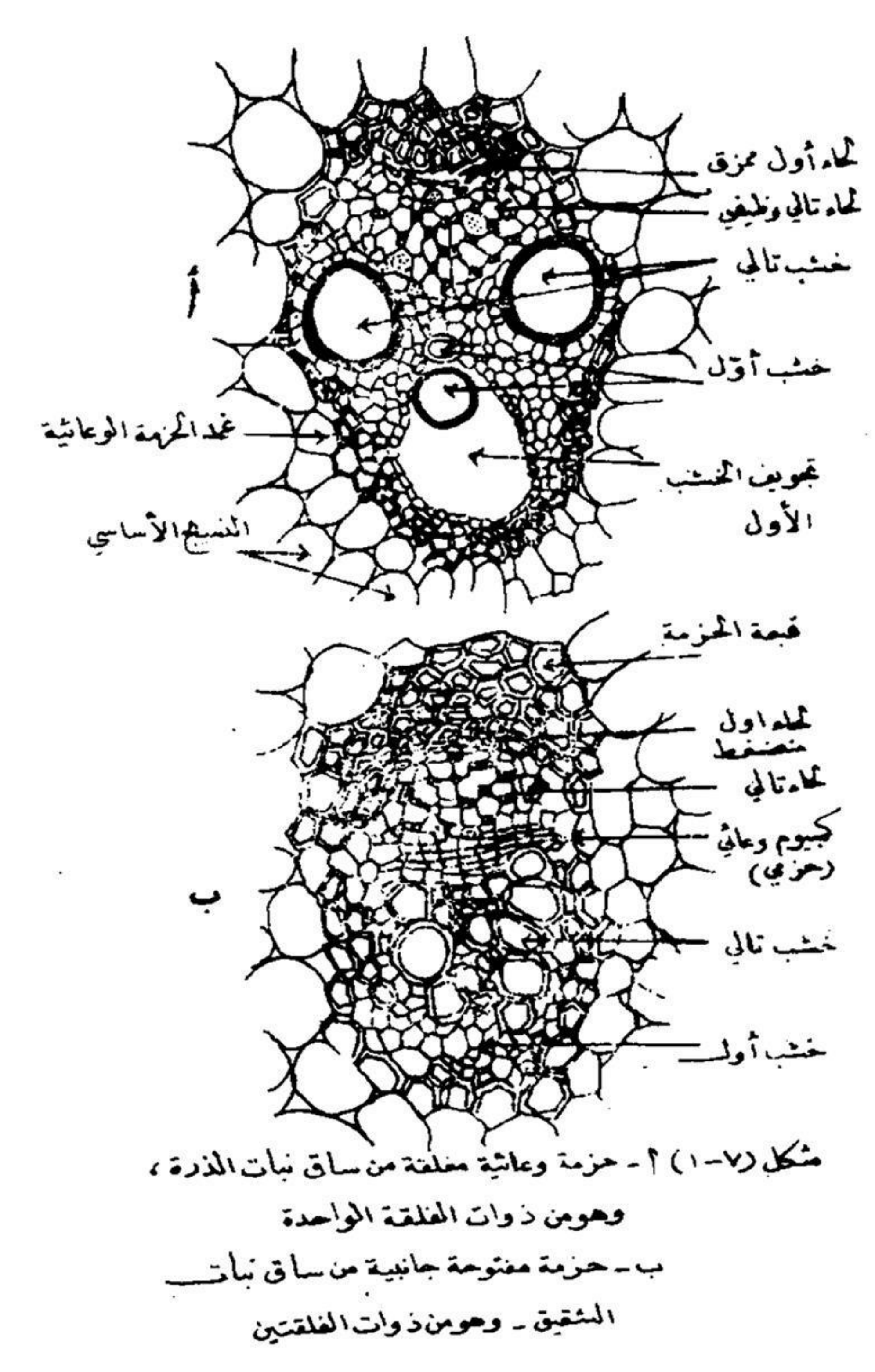
يحد الاسطوانة الوعائية من الخارج طبقة الدائرة المحيطة أو البريسيكل Pericycle وتكون هذه الطبقة واضحة ومحددة اذا كانت منطقة القشرة محددة من الداخل بطبقة اندودرمس واضحة وفيما عدا ذلك يتعذر تحديد طبقة البريسيكل اذ تمتزج مع القشرة كما هي الحال في كثير من عاريات البذور Gymnosperms ومغطاة البذور Angiosperms . وتتكون طبقة البريسيكل عادة وذلك في حالة تميزها من عدة طبقات من خلايا برانكيمية أو سكلرنكيمية او كلتيهما وذلك على هيئة حلقات مستمرة او على شكل مجموعات تنتظم مع الحزم الوعائية . وفي بعض الحالات مثل بعض النباتات المائية والنباتات الوعائية الواطئة يتكون البريسيكل من طبقة واحدة او طبقتين فقط . كما ان عناصر اللحاء قد تمتد الى الاندودرمس وحينئذ تصبح طبقة البريسيكل متقطعة . وقد تقوم طبقة البريسيكل البارنكيمية بوظيفة اختزانية كسائر الاسجة البارنكيمية العادية كما أنها قد تضم خلايا او قنوات افرازية .

اما الانسجة الوعائية Vascular Tissues فتظهر في ذوات الفلقتين عادة على شكل اسطوانة بين القشرة والنخاع وقد تكون هذه الاسطوانة مستمرة في المقطع المستعرض الا انها في معظم الاحيان تبدو متقطعة عن طريق الاشعة النخاعية الى وحدات تسمى عادة الحزم الوعائية Vassular bundles . وقد تبين ان الاسطوانات المستمرة انما هي في حقيقة الامر مكونة من حزم وعائية متقاربة . وفي بعض النباتات مثل البرسيم Trifolium sp. توجد الانسجة الوعائية في الجزء السفلى من الساق على هيئة اسطوانة مستمرة في حين توجد في الجزء العلوى على هيئة حزم منفصلة . اما في ذوات الفلقة الواحدة فقد تترتب الحزم الوعائية في حلقة غير منتظمة ، غير ان الحالة الاكثر شيوعا هي وجودها مبعثرة

داخل الاسطوانة او خلال النسيج الاساسى للساق بصورة شاملة . كما أن الكثير من ذوات الفلقة الواحدة تتحدد في سيقانها منطقة قشرية واضحة محددة من الداخل بغمد نشوى مؤلف من طبقة واحدة ، اما الحزم الوعائية فتنتشر بلا نظام في الجزء الداخلى والذى يمثل الاسطوانة الوعائية • وفي بعض النباتات الاخرى من ذوات الفلقة الواحدة كالنجيليات لا تتميز في سيقانها قشرة واسطوانة وعائية بل توجد الحزم الوعائية مبعثرة خلال الجـــزء الاكبر من الساق •

وبخلاف ماهو شائع بين الجذور يوجد الخشب واللحاء في الساق عادة على أنصاف أقطار واحدة مع وجود الخشب للداخل واللحـــاء للخارج • ويسمى هذا الترتيب للانسجة الوعائية باســـم حزم وعائية جانبيـــــة Collateral vascular bundles (شكل ٧ـ١) • وفي هذه الحزم يكون الخشب دائما داخلي الخشب الاول Endarch • وفي بعض أنواع عوائل معينة كالباذنجانية Solanaceae والقرعية Cucurbitaceae يوجد بالاضافة الى اللحاء الخارجي لحاء اخر داخلى الى الداخل من الخشب وحينئذ يطلق على الحزمة اسم حزمة وعائية ذات جانبين Bicollateral vascular bundle • وفي الحزم الوعائية الجانبية بوجه عـــام يمكن ملاحظة انتظام اوعية الخشب في سيقان ذوات الفلقتين على شـــكل صفوف في حين تترتب على شكل حرف Y أو حرف V في معظـم ذوات الفلقة الواحدة ولاسيما سيقان النجيليات حيث يحتل وعاءا الخشب التالى الواسعان موضع ذراعي الحرف أما الخشب الاول Protoxylem فيمثل ساق الحرف Y وغالباً ماينحل تاركاً قناة أو تجويفاً يدعى تجويف قناة الخشب الاول Protoxylem lacuna • كما توجد بالاضافة الى ذلك قبعة من الالياف تحيط بلحـــاء الحزمة من الخارج وقد تمتد لتحيط بالحزمة كلها مكونة غمدا يطلق عليه غمد الحزمة Bundle sheath كما هي الحال في معظم ذوات الفلقـــة الواحدة Monocotyledons •

وقد تنتظم الانسجة الوعائية في حزم وعائية من النـــوع المركزي



شكل (٧-١) أ - حزمة وعائية مغلقة من ساق نبات الذرة، وهو من ذوات الفلقة الواحدة

ب - حزمة مفتوحة جانبية من ساق نبات المشقيق - وهو من ذوات الفلقتين

Concentric (شكل ٧-١ جـ) حيث يحيط اللحاء بالخشب وتسمى حينئذ مركزية الخشب Amphicribral كما في سيقان السرخسيات Pteridophyta وبعض النباتات المائية Hydrophytes (Water Plants) أو يحيط الخشب باللحاء وتسمى حينئذ مركزية

اللحاء Amphivasal كما في ريزومات بعض ذوات الفلقة مثل نبات السعد Cyperus وساق دراسينا Dracaena .

والى الداخل من الانسجة الوعائية يوجد بقية النسيج الاساسى على شكل نخاع بارنكيمي يبدو أحيانا التغلظ باللكنين والتنقر في بعض خلاياه .

ونظرا لتبعثر الحزم الوعائية بلا نظام في كثير من سيقان ذوات الفلقة الواحدة لذلك يصعب التمييز بين القشرة والنخاع والاشعة النخاعية ويطلق على الجميع لفظ النسيج الاساسى Ground tissue .

الفصل الثامن

CHIPTER 8

التركيب الداخلي للورقة

INTERNAL STRUCTURE OF LEAF

الورقة في ابسط تعريف لها هى جزء منبسط من جسم النبات ينشأ عند العقدة ويحمل في ابطه برعما ومتكيف في الحالات النموذجية شكلا وتركيبا للقيام بوظيفتي التمثيل الضوئي والنتح · وتعتبر الورقة في النباتات الراقية العضو المتخصص لهاتين العمليتين · ففي بعض النباتات الواطئة الحاوية على الكلوروفيل كالطحالب يقوم الجزء الاكبر من جسم النبات بعملية التمثيل الضوئي نظرا لعدم وجود اعضاء متخصصة لذلك · وفي بعض النباتات الخضر الراقية ـ كالنباتات العشبية ـ تزود الساق ايضا بانسجة خضراء ، وبذلك تشترك مع الاوراق في عملية التمثيل الضوئي · كما ان هناك نباتات راقية تعيش في بيئات خاصة تضمر أوراقها وتتحور سيقانها لتقوم هى ذاتها بهذه العملية كما في السفندر Ruscus · اما في النباتات المعمرة فتتخصص الاوراق لعملية التمثيل الضوئي بالاضافة الى عملية النتح · وفي هذه الحالة تكون الورقة مكيفة تركيبيا للقيام بهاتين الوظيفتين ·

ورغم ان الورقة تشترك مع الساق في احتوائها الى حد كبير على نفس الاجهزة النسيجية الرئيسية وهى الضام Dermal tissue system والوعائي Vascular tissue system والأساسي Ground tissue system ، الا انهما تختلفان من حيث التوزيع النسبى لهذه الانسجة ، ويرجع هذا الاختلاف الى طبيعة وظيفة كل منهما · فالوضع الراسى للانسجة الوعائية ووفرة الانسجة الدعامية في الساق هما من مستلزمات وظيفتي التوصيل والتدعيم المناطة بهما ، في حين تتميز الورقة بوفرة النسيج الاخضر واتساع السطح وامتداد انسجة التهوية داخلها كمستلزمات لعمليات التمثيل والتبادل الغازي ·

نشـــأة الورقة Leaf Development

تنشأ الورقة من المرستيم القمي للساق Shoot apek كنتوء صغير يطلق عليه مصطلح المسند الورقي ينمو ويزداد في الحجم تدريجياً نتيجة استمرار انقسام الخلايا وتكشفها ، leob buttress فيتحول الى الورقة الاولية أو البداية الورقية Leaf primordium وتتميز اول معالم نشوء الورقة في النباتات الراقية بحصول انقسامات محيطية Periclinal dividions في الطبقة المغلفة تحت السطحية غالباً .
وينتج عن ذلك تكوين المسند الورقي Leaf buttressالذي يتحول تدريجياً الى البداية الورقية Leaf primordium (شكل ٣ ــ ٤ ب) ، ويكون الانقسام في باديء الامر قمياً Apieal ولكنه سرعان مايستمر قمياً وحافياً Harginal الى ان تصل الورقة الى كامل حجمها • وفي عاريات البذور ومغطاة البذور تصلّ الورقة الى كامل نضجها بعد فترة قصيرة ، الا انها في السرخسيات قد تستمر في نموها القمي بعض الوقت رغم وصول قاعدتها الى تمام نضجها• وفي معظم النباتات تنمو الاوراق من البراعم الى مابعد القمـة النامية • وتغطيها وتقوم بحمايتها • وفي حالة البراعم الشتوية Winter buds تتحور الاوراق الخارجية الى حراشيف برعمية Bud scales تحفــظ البرعم حتى الربيع التالى ، وحينئذ تتفتح البراعـــم وتنمو الاوراق الى كامل حجمها • وخلال تكشف البدايات الورقية تتميز منطقتان : منطقــة تمثل جزءا قاعديا ومنطقة تمثل مبدأ النصل الورقي • والجزء القاعدى قد يصبح سميكاً ولحمياً ليكون مايسمى الوسادةPulvinus ، أو قد يكون غمدا ورقيا Leaf sheath كما في النجيليات ، أو قد يكون اذينـــات Stipules؛ وذلك بالنســـبة للاوراق المؤذنة Stipualte leaves في حين ينمو الجزء القمي الى تركيب منبسط تمتد خلاله العروق ويتحول الى نصل الورقة Leaf blade or Lamina وفي الاوراق المعنقـــة يتكون العنق Petiole مابين النصل والقاعدة •

ويصاحب التميز الخارجي للورقة اثناء نشـــوئها تميز داخلي في انسجتها • فالطبقات السطحية على جهتي الورقة تتكشف نتيجة للانقسام المستمر الى البشرة العليا Upper epidermis والبشرة السفلى Lower epidermis ، في حـــين تتكشف الانسجـــة الى

الداخل من البشرة الى النسيج المتوسط Mesophyll . وهذا النسيج قد يكون متجانسا ومكونا من نوع واحد من الخلايا كما هي الحال في اوراق النجيليات Gramineae أو قد يتميز الى نسيج عمادى Palisade tissue ونسيج اسفنجي Spongy tissue كما هي الحال في نباتات البيئة المتوسطة mesophytes . ويتكشف الجزء المركزي من الورقة الى الانسجة الوعائية . وبذلك تتميز الورقة عند تمام نضجها داخليا الى البشرتين : البشرة العليا Upper epidermis والسفلى Lower epidermis والنسيج المتوسط Mesophyll والانسجة الوعائية Vassular tissues ويمكن تتبع هذه الانسجة بالتفصيل كما يلي :

البشـــرة Epidermis

تحتوى البشرة في الورقة عادة على أكثر من نوع واحد من الخلايا .. فقد تضم بالاضافة الى الخلايا الاعتيادية للبشرة الخلايا الحارسة Guard cells ، والخلايا المساعدة Subsidiary cells والتي كثيراً ما تصاحب الخلايا الحارسة في العديد من النباتات والشعيرات البشرية Epidermal hairs . كما ان النجيليات (الحشائش) قد تحتوى علاوة على هذه الخلايا والتراكيب خلايا اخرى مثل الخلايا الفلينية Cork cells والخلايا السليلكية Sillica cells . وفي بعض ذوات الفلقة الواحدة توجد أيضا خلايا خاصة تسمى الخلايا الحركية Motor cells تؤثر على انطواء الورقة وانبساطها تبعا لتغير درجة الرطوبة في الجو المحيط بالنبات . كما ويوجد في بشرة بعض النباتات مثل التين المطاط Ficus elastica خلايا خاصة يطلق عليها خلايا البلورات المعلقة Lithocytes تتميز بوجود بلورات من نوع خاص تسمى البلورات المعلقة Cystolith . وتتميز الورقة بوجود الثغور بها على السطح السفلي فقط أو على السطح العلوي فقط أو السطحين السفلي والعلوي معاً وحينئذ تكون أكثر انتشاراً عادة على السطح السفلي . الا أن توزيعها قد يكون في بعض الحالات متساوياً على السطحين كما في الاوراق العمودية التي توجد في كثير من ذوات الفلقة الواحدة . وفي النباتات الارضية Terrestrial plants تكون خلايا البشرة الاعتيادية خالية من الكلوروفيل عادة . اما في النباتات المائية Hydroplytes وفي بعض النباتات الوعائية الواطئة مثل كزبرة البئر

Adiantum وبوليبوديوم Polypodium وكذلك في نباتات الظل Shade plants فتحتوى خلايا البشرة على كلوروفيل بدرجة ربما اكثر مما تحتها من انسجة • اما بالنسبة للوظيفة فالبشرة تكون طبقة واقية مستمرة فيما عدا فتحات الثغور وتقوم بصفة خاصة بصيانة الورقة ضد الفقدان المفرط للماء كما انها تقوم ايضا بمهمتها الدعامية كنسيج ضام له اهميته من هذ هالناحية •

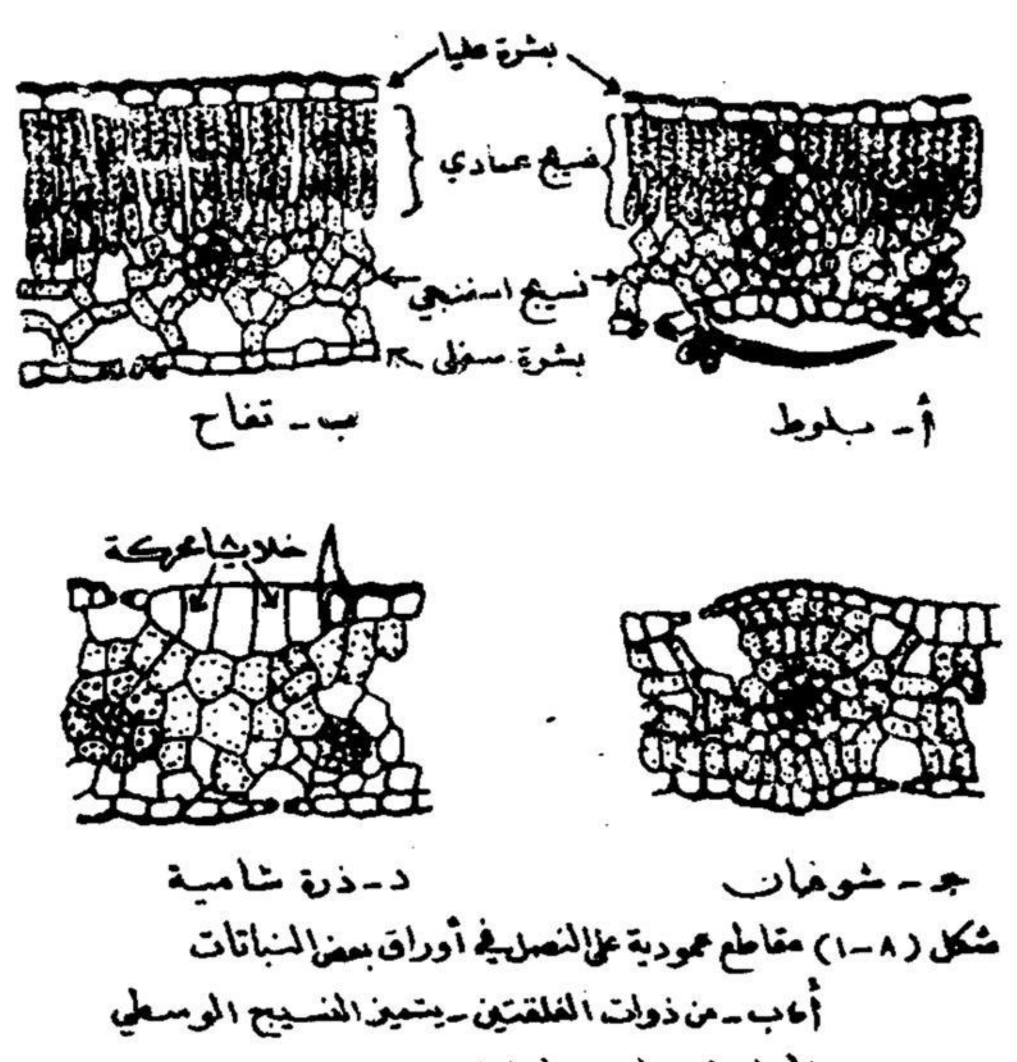
النسيج المتوسط Mesophyll Tissue

يطلق لفظ النسيج المتوسط في الورقة على النسيج الاساسى الواقع بين بشرتي الورقة العليا والسفلى والذى يقوم بعد تكشفه بوظيفة معينة هى التمثيل الضوئي • يتكون هذا النسيج بصورة نموذجية من نسيج برنكيمي رقيق الجدران غزير البلاستيدات الخضر ويضم فيما بين خلاياه مسافات بينية واسعة (شكل ٨ـ١) • وفي كثير من النباتات ـ وبوجه خاص نباتات البيئة المتوسطة Mesophytes من ذوات الفلقتين ـ يتميز النسيج المتوسط عادة الى نوعين من الخلايا البرنكيمية : برنكيمية عمادية Palisade parenehyma وبرنكيمية اسفنجية Spongy parenchyma وقد أطلق لفظ النسيج العمادي على النوع الاول من الخلايا نتيجة لكونها مستطيلة الشكل ومتراصة بصورة متوازية بجدر بعضها عموديا على سطح الورقة • اما الخلايا الاخرى فسميت بالنسيج الاسفنجي نتيجة لكونها غير منتظمة الشكل وتضم فيما بينها مسافات بينية بوفرة • ويوجد النسيج العمادى عادة في الجهة العليا من الورقة فقط الا انه قد يوجد في الجهتين العليا والسفلى كما في ورقة تين المطاط Ficus elastica والكسوب Centaurea مع وجود قدر قليل من النسيج الاسفنجي بينهما وتوصف الورقة في هذه الحالة بأنها ذات وجهين Bifaeial أما في حالة وجود الخلايا العمادية تحت سطح واحد فقط فتسمى احادية الوجه Monofacial وبهذه الخاصية قيمة تصنيفية . وقد تنتظم الخلايا العمادية في صنف واحد أو أكثر . وفي الحالة الاخيرة قد تكون الخلايا متساوية في الطول في الصفوف المختلفة أو تصغر كلما اتجهت الى الداخل . كما أن هناك بعض الحالات القليلة مثل ورقة **Thymelaea hirsuta** يوجد النسيج العمادي في الجهة السفلية فقط . وفي بعض ذوات الفلقتين مثل نبات الكافور **Eucalyptus**

والعبـــــــــل أو الرغـل Atriplex يتكون النسيـــــــج المتوسط من نسيج عمادى فقط كما ان بعض الاوراق الاسطوانية مثل ورقة نبات هاكيا Hakea تحتوى ايضا على نسيج عمادى فقط يحيط بالورقة كلها ويقع تحت البشرة • اما في ذوات الفلقة الواحدة ـ وعلى الاخص في النجيليات ـ فلا يتميز النسيج المتوسط بشكل واضح الى نسيج عمادى ونسيج اسفنجي بل يكون هناك نوع واحد من الخلايا البرنكيمية غزيرة البلاستيدات وذات مسافات بينية واسعة •• وخلايا النسيج العمادي بصورة عامة اسطوانية الشكل او مستطيلة محكمة الانتظام بجوار بعضها بشكل يجعلها اكثر كفاءة للقيام بوظيفة التمثيل الضوئي اذ تنتظم البلاستيدات بفعل تأثير الضوء تحت الجدار مباشرة بصورة تجعلها تستفيد من الضوء الساقط على الورقة اقصى استفادة ممكنة • وقد تترتب الخلايا العمادية في طبقة أو طبقتين تتواجد مباشرة داخل طبقة البشرة أو طبقة تحت البشرة Hypodermis وتتخذ وضعها بحيث يكون محور الخلايا متعامدا مع سطح الورقة • وفي بعض الحالات قد تكون الخلايا موازية للمحور الرئيسى للورقة كما في ورقة نبات الوديا Elodea • كما انها في احيان اخرى قد تكون الخلايا موازية لسطح الورقة ومتعامدة في نفس الوقت على المحور الرئيسى للورقة كما في نبات الكولونية Freezia والسوسن Iris وكلاديولس Gladiolus وقد تكون خلايا النسيج العمادى قمعية الشكل ومرتبة باتجاه فتحة القمع الى السطح العلوي كما في اوراق الزنبق Lily . وفي اوراق الصنوبر Pinus وبعض المخروطيات لا يتميز النسيج المتوسط الى عمادى واسفنجي انما تتخـــذ خلاياه شكلا خاصاً اذ تنثنى جدر الخلايا الى الداخل عـلى صورة بروزات تتراص عندها البلاستيدات وتصبح أيسر اتصالا بالهواء الموجود في المسافات البينية ويطلق على هذا النوع من النسيج العمادي اسم النسيج العمادي ذي الاذرع Armed palisade tissue • ويستحوذ النسيج العمادى على القسط الاكبر من الكلوروفيل ولذلك يبدو السطح العلـوى عادة اكثـر اخضرارا من السطح السفلى •

اما النسيج الاسفنجي فتتخذ خلاياه أشكالا مختلفة فقد تكون متساوية الاقطار isodiametric أو مستطيلة Elongated ولكنها عادة غـــير منتظمة Irregular • ذات أذرع ممتدة ومتصلة بحيث تكون شبكة مـــن

النسيج الاخضر الغني بالمسافات البينية يتعرض الجزء الاكبر من سطحه للغازات الموجودة بهذه المسافات البينية ٠



شكل (٨-١) مقاطع عمودية على النصل في أوراق بعض النباتات

أ، ب - من ذوات الفلقتين - يتميز النسيج الوسطي الى نسيج عمادي ونسيج اسفنجي.

ج، د - من ذوات الفلقة الواحدة ، حيث النسيج المتوسط غير مميز الى خلايا عمادية واسفنجية.

وفي حالات كثيرة كما في ورقة المطاط **Ficus elastica** والدفلة **Nerium** توجد مجموعات من الخلايا العمادية تلتقي اطرافها بخلية واحدة من النسيج الاسفنجي متصلة مباشرة بنسيج اللحاء وتسمى هذه الخلايا بالخلايا المجمعة . **collecting cells** ويعتقد انها تقوم بجمع الغذاء المتكون في النسيج العمادى ونقله الى نسيج اللحاء ٠

الانسجة الوعائية بالورقة Vascular Tissues of the leaf

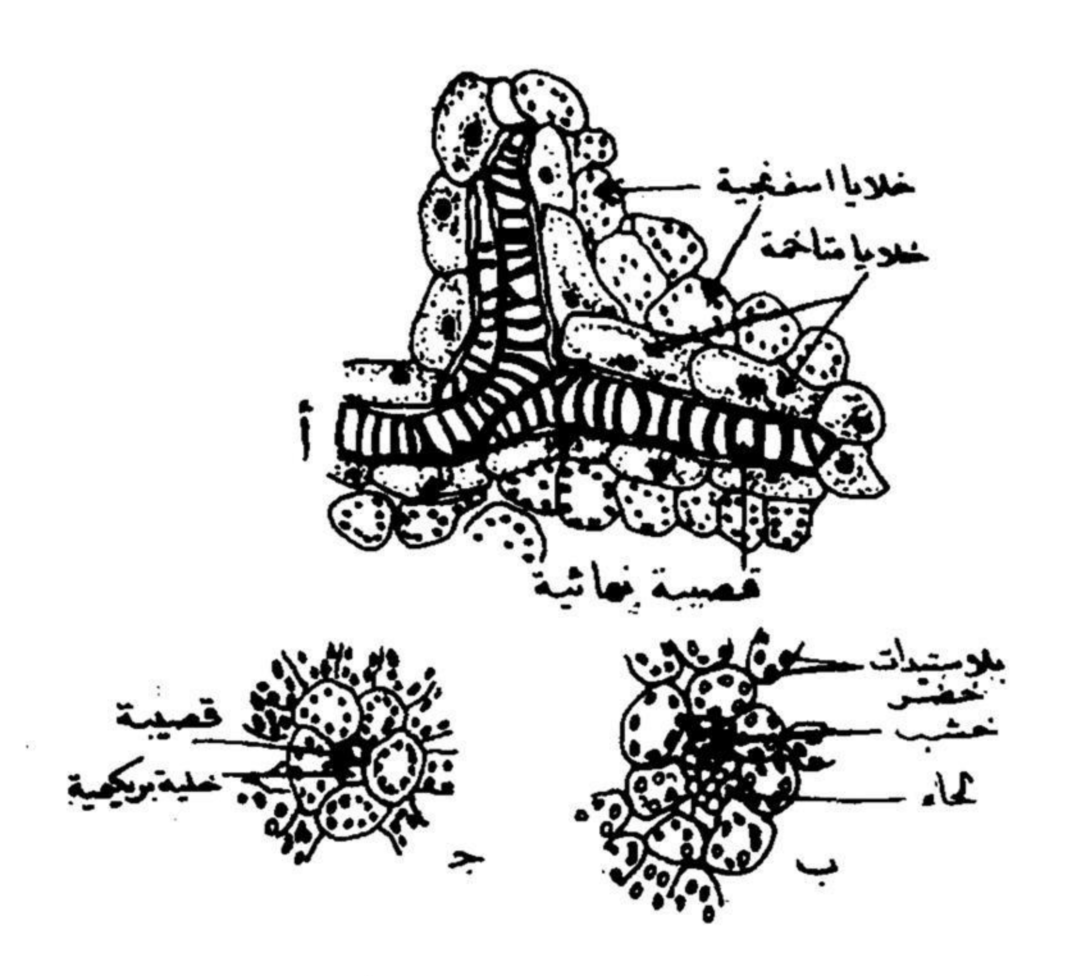
تتوزع الانسجة الوعائية بالورقة بطريقة يعبر عنها بالتعرق Venation المشتقة من كلمة عرق vein. والعرق في الورقة قد يتكون من حزمة وعائية واحدة او مجموعة من الحزم الوعائية • وقد تحتوى الورقة على عرق واحد فقط كما في الصنوبريات اما في مغطاة البذور فيوجد نوعان من التعرق : تعرق شبكي Reticulate venation وهو شائع بين ذوات الفلقتين وتعرق متوازي Parallel venation شائع بين ذوات الفلقة الواحدة • وفي التعرق الشبكي تتفرع وتتشابك العروق الرئيسية الى أن تصل الى تلك العروق الدقيقة المسماة بنهايات الحزم Bundle ends اما في التعرق المتوازي فتنتظم العروق الرئيسية بطريقة متوازية وتتصل ببعضها عن طريق العروق الصغيرة • ويمكن تمييز التعرق الشبكي في أوراق ذوات الفلقتين الى نوعين هما تعرق شبكي ريشى Pinnately reticulate وتعرق شبكي راحي Palmetely reticulate ففي التعرق الشبكي الريشي يوجد عرق رئيسى كبير في الوسط يكون مايسمى بالعرق الوسطى Midrib وتتفرع العروق الصغيرة من العرق الوسطى • اما في التعرق الشبكي الراحي فتوجد عدة عروق رئيسية تنشأ مباشرة من نهاية عنق الورقة ، وهي في حقيقة الامر استمرار لمسار الاجهزة الوعائية Leaf traces الذي يمتد من الجذر الى الساق وينتهي أخيراً بالورقة . وتوجد العروق الصغيرة أو الحزم الوعائية المنفردة بوجه عام داخل النسيج الاسفنجي اما العروق الكبيرة فتحتل حيزاً كبيراً من نصل الورقة وقد تمتد ما بين البشرة العليا والبشرة السفلى . وحيث أن الشريط الوعائي يمتد من الساق الى عنق الورقة ثم الى نصلها فإن الانسجة الوعائية تحتفظ بوضعها فيبقى الخشب ـ في حالة الحزم الوعائية الجانبية على سبيل المثال ـ متجها نحو السطح العلوى للورقة واللحاء نحو السطح السفلى ، كما ان الانسجة الوعائية الموجودة بالورقة لا تختلف في طبيعتها عن تلك الموجودة في بقية اجزاء النبات• فيتكون الخشب في العروق الكبيرة من أوعية Vessels وقصيبات Trcacheids والياف fiberg وبرانكيما خشب ،

وكلما صغرت العروق تثل كمية العناصر الناقلة تدريجياً حتى تصبح في النهاية مكونة من قصيبة واحدة شبكية أو حلزونية ، وذلك فيما يسمى بنهايات الحزم Bundle ends (شكل ٨ ـ ٢) . ويتكون اللحاء في العروق الكبيرة من انابيب منخلية Sievetubes وخلايا مرافقة Companion Cells بالاضافة الى برانكيما اللحاء في اوراق ذوات الفلقتين ، أما في العروق الصغيرة فإن نسيج اللحاء يقل تدريجياً حتى يصل الى مجرد مجموعة صغيرة من الخلايا البرانكيمية مكونة مع القصيبة الوحيدة نهاية الحزمة .

والحزم الوعائية الكبيرة تحاط عادة بغلاف برنكيمي تحتوى خلاياه على القليل من الكلوروفيل ويعرف في بعض الاحيان باسم غلاف الحزمة bundle sheath • والخلايا المكونة لغلاف الحزمة تكون عادة رقيقة الجدر وممتدة طوليا موازية لمحور العرق • ونظرا لندرة الكلوروفيل بها فهى سهلة التمييز عن بقية خلايا النسيج المتوسط المحيطة بها • وفي بعض الحالات القليلة كما في بعض نباتات العائلة الوردية Rosaceae تحتوى خلايا غلاف الحزمة على أشرطة كسبارية Casparian strips وحينئذ تماثل طبقة القشرة الداخلية النموذجية ، وقد تحتوي في حالات اخرى على حبيبات نشوية وحينئذ تعتبر غلافا نشويا • كما ان هناك ما يثبت ان لهذه الخلايا اهمية خاصة بالنسبة للتوصيل وبالنسبة لاختزان المواد الغذائية •

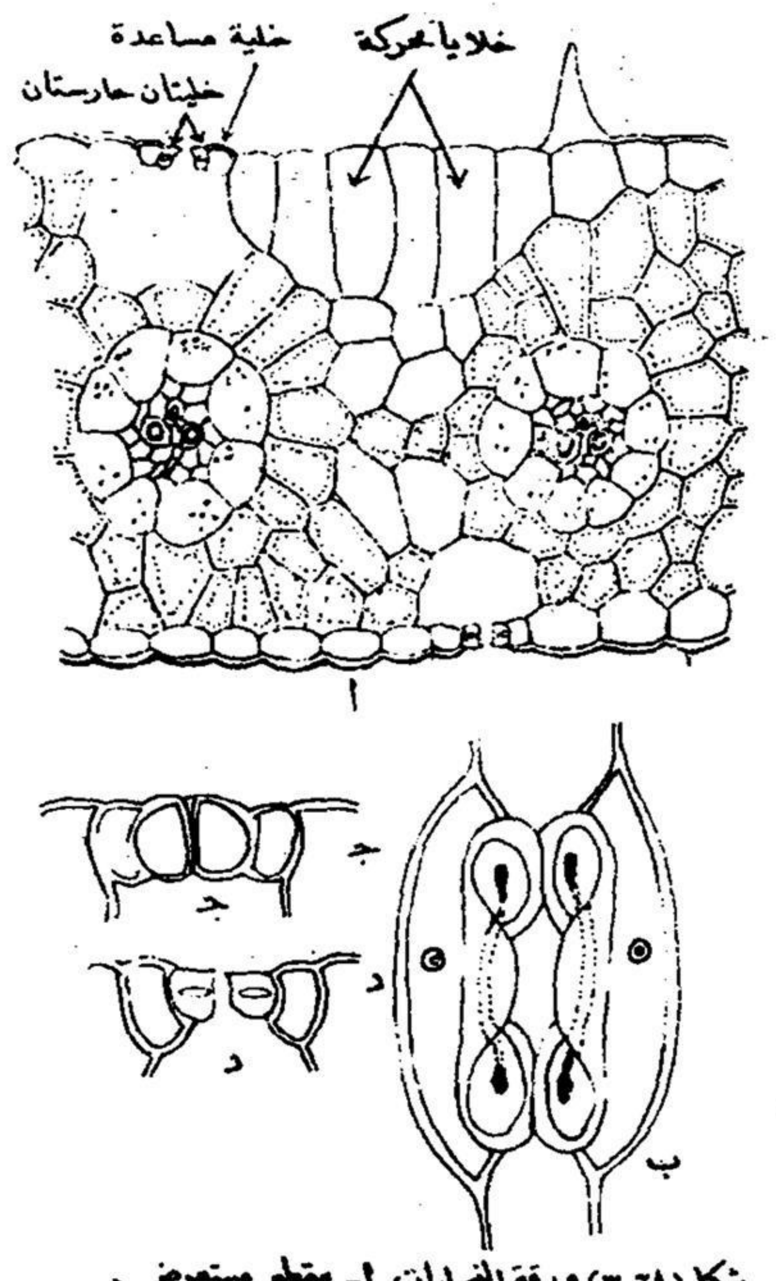
ورقة النجيليات Grass Leaf

ينطبق ما سبقت من دراسته في واقع الامر على أوراق ذوات الفلقتين وبعض ذوات الفلقة الواحدة إلا أن اوراق النجيليات Gramineae تنفرد بتركيب خاص يميزها عن ذوات الفلقتين وحتى عن بقية ذوات الفلقة الواحدة وذلك من حيث تكون انسجة الورقة المختلفة من بشرة ونسيج متوسط وانسجة وعائية (شكل ٨ ـ ٣) فخلايا البشرة تمتد على طول الورقة بشكل صفوف منتظمة وهي مستطيلة في المنظر السطحي إلا انها مربعة في المقطع المستعرض ، وتكون مغلظة الجدار صغيرة الحجم فوق الحزم الوعائية ، وتعترض الخلايا الاعتيادية من البشرة على ابعاد منتظمة خلايا خاصة تسمى بالخلايا الحركية (Bulliform cells - Motor cells) تتميز بكبر حجمها ورقة جدرانها وتعتبر هذه



شكل (٨-٢) نهاية الحزمة الوعائية في الورقة
أ- منظر عام يوضح نهاية الحزمة وبعض الخلايا المجاورة
ب- مقطع في حزمة بعيداً عن النهائية بها خشب ولحاء
جـ- حزمة تحتوي على قصيبة واحدة وخلية برنكيمية
ب، جـ من ورقة نبات التفاح

الخلايا مسؤولة عن انطواء وانبساط الورقة لدى تغير نسبة الرطوبة في الجو المحيط بالورقة . وتتميز اوراق النجيليات بصفة خاصة وذلك بالاضافة الى ماسبق بنوع الثغور الموجودة بها والذي يسمى بالطراز النجيلي السّعدي من الثغور Gramineae–Cyperaceae type .



شكل (٨ ـ ٣) ورقة النجيليات أ ـ مقطع مستعرض
ب ـ مظهر سطحي للثغر جـ ، د ـ مقطعين في
الثغر في مستويين مختلفين

اما النسيج المتوسط Palisade tissue فهو عادة غير متميز الى عمادي واسفنجي كما هي الحال في اوراق ذوات الفلقتين . واحياناً قد تتميز طبقة من الجهتين تحت البشرة مباشرة وذلك عن طريق احكام ترتيب خلاياها في حين يوجد

بقية النسيج المتوسط على هيئة خلايا غير منتظمة الشكل . وفي حالات قليلة كما في اوراق السعد **Cyperus** تتواجد الانسجة الخضراء حول الحزم بشكل اغلفة حزمية Bundle Sheaths تتميز بغزارة الكلوروفيل بها عن بقية النسيج المتوسط .

اما الحزم الوعائية فتمتد طولياً بشكل متواز خلال الورقة يفصلها عن بعضها النسيج المتوسط كما وتكاد تحتفظ الحزمة بحجمها خلال مسارها بالورقة • وتوجد عادة حزمة وعائية مركزية كبيرة تصاحب العرق الوسطي • وهذه الحزمة تشبه الى حد كبير نظيراتها بالساق أما الحزم الاخرى فتنتظم في صفين أو ثلاثة مرتبة داخل نصل الورقة وتتكون من كمية اصغر من الانسجة الوعائية ومن الانسجة الدعامية كذلك • ويصاحب الحزم الوعائية عادة في أوراق النجيليات نسيج سكلرنكيمي ويوجد بشكل عام على هيئة اشرطة ليفية Fibrous strands على الجوانب العليا والسفلى للحزمة ويطلق عليه أحيانا اسم امتداد الغلاف الحزمي Bundle sheath extension . وقد تمتد هذه الاشرطة مع الحزمة الوعائية فيما بين البشرتين العليا والسفلى وبذلك تساهم بشكل فعال في تقوية الورقة • وفي نجيليات البيئة الجافة يكون النسيج السكلرنكيمي جزءا كبيرا من نسيج الورقة كما يتضح ذلك في ورقة نبات **Ammophila** arenaria على سبيل المثال . وتحاط الحزمة الوعائية عادة بغمد حزمي من طبقتين من الخلايا : الداخلية منها غليظة الجدران محاكية بذلك طبقة القشرة الداخلية أو مغلظة بصورة عادية ذات طبيعة ميكانيكية ، اما الخارجية فتتكون من خلايا برنكيمية عادية رقيقة الجدران تفتقر عادة الى الكلوروفيل ولذلك فهي سهلة التميز عما يحيطها من نسيج متوسط وقد تحتوي على كلوروفيل ولكن بكمية اقل مما تحتويه الخلايا المجاورة .

التركيب الداخلي لعنق الورقة Internal Strueture of Petiole

قد يتخذ عنق الورقة في بعض الاحيان في المقطع المستعرض شكلا دائريا كاملا ولكن الحالة الاكثر شيوعا هي أن يكون المقطع على هيئة دائرة غير كاملة ، منبسطا او مقعرا من الجهة العليا مع وجود حافتين بارزتين بدرجات متفاوتة تختلف باختلاف النباتات • اما الاشرطة

الوعائية و المسارات الورقية فتختلف في طريقة انتظامها وتركيبها تبعـا لذلك · ففي الاعناق المستديرة تتخذ الاشرطة الوعائية نفس الوضـــع والتركيب الموجودين في الساق التى امتدت منها هذه الاشرطة كما هـــى الحال في عنق ورقة نبات أكاليفا Acalypha او تكون اسطوانة جوفاء كما في عنق ورقة نبات الخروع Ricinus communis · اما في الاعناق ذات السطح العلوي المنبسط أو المقعر فقد تتخذ الحزم الوعائية شـــكل حدوة الحصان كما في عنق ورقة نبات بوذية Buddleia وفي حالات اخرى قد تنحرف الاشرطة الوعائية عن مسارها بالاضافة الى انها ايضا تتجـزأ بحيث تصبح مرتبة في أكثر من حلقة واحدة كما في عنق ورقة نبات خف الجمل **Bauhinia** . اما النسيج الاساسي فيكون الجزء الخارجي منه مكونا عادة من خلايا مغلظة الجدران وتكون هذه الخلايا على هيئة نسيج كولنكيمي Collenehyma في اعناق اوراق ذوات الفلقتين وعلى هيئة نسيج سكلرنكيمي Sclerenchyma في ذوات الفلقة الواحدة ، أما بقية النسيج فيتكون من خلايا برانكيمية رقيقة الجدران تتسع تدريجياً كلما اتجهت نحو المركز .

الباب الرابع
SECTION IV

التغلظ الثانوي
SECONDARY THICKENING

تعرف الزيادة في سمك النبات والتى تحدث بعيدا عن القمم النامية نتيجة تكوين انسجة ثانوية بالتغلظ الثانوي • وتمثل هـــذه الانسجة في مجموعها الجسم الثانوي للنبات Secondary plant body • ومع تقدم التغلظ الثانوي يصبح المحور الرئيسى للنبات المسن بما في ذلك الســاق والجذر وفروعهما مكونا من انسجة ثانويــــة • بينمـــا تصبح الانسجة الابتدائية المتكونة أصلا خلال فترة النمو الابتدائي مقتصرة على جــزء مقتضب يحتل مركز العضو النباتي •

وهذا التغلظ النباتي يحـــدث بصورة اعتيادية ومميزة في نباتات عاريات البذور وفي معظم ذوات الفلقتين • وقد يحدث في بعــض ذوات الفلقة الواحدة نتيجة نشاط كميومي ناشىء عن مرستيم ثانوي الا ان هذا الكمبيوم يختلف في طبيعته اختلافا كبيرا عن كمبيــوم ذوات الفلقتين • وقد تعانى بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل النخيل زيادة كبيرة في الحجم الا ان هذه الزيادة تعزى اساسا الى نشــاط مرستيمات ابتدائية ، ولذا فهي غالبا ما تصل في سمكها الى ماهو مشاهد بين الاشجار المسنة من ذوات الفلقتين . اما في السرخسيات **Pteridophyta** فلقد كان التغلظ الثانوي سائداً بين أنواعها التي اندثرت منذ زمن بعيد إلا انه قد يحدث في بعض السرخسيات الحية مثل ايزوتيس **Isoetes** وبوتريكيوم **Botrychium** ، ولكن بصورة استثنائية .

والانسجة الثانوية التى تكون جسم النبات الثانوي ــ والتى يعزى اليها التغلظ الثانوي ــ تتكون نتيجة نشاط نوعين من الانسجة المرستيمية هما الكمبيوم الوعائـي **Vascular cambium** الذى يكون الانســـجة الوعائية الثانوية والكمبيوم الفليني **Phellogen or cork cambium** الذى يكون انسجة القشرة المحيطة .

الفصل التاسع
CHAPTER 9
الكمبيـوم الوعائـي
VASCULAR CAMBIUM

تقوم الانسجـة الوعـائيـة الابتـدائيـة Pnimary vacsular tissues في النباتاتالخشبية من ذوات الفلقتين وفي عاريات البذور بوظيفتها لفترة رتحل محلها فيا بعد الانسجة الوعائية الثانوية Seeondary vascular tissues . والانسجة الاخيرة تنشأ عن نشاط نسيج مرستيمي يسمى الكمبيوم الوعائي الذي يمثل مرستيما جانبياً Lateralof meristem يظهر أما على شكل اشرطة منفصلة أو على هيئة اسطوانة جوفاء وفي العديد من النباتات العشبية من مغطاة البذور قد يكون الكمبيوم الوعائي اثرياً أو غير موجود . ولذلك تقوم الانسجة الوعائية الابتدائية بوظيفتها خلال فترة وفي هذه النباتات .تتميز جميع خلايا الكمبيوم الاولى Procambium الى انسجة مستديمة من الخشب واللحاء ولايبقى بينهما كمبيوم كما لايحدث فيها تغلظ ثانوي وتعيش هذه النباتات لموسم واحد ومن امثلتها بعض انواع جنس لسان العصفور **Delphinium**.

ويحدث الشيء ذاته في ذوات الفلقة الواحدة من حيث تميز جميع خلايا الكمبيوم الاولى الى خلايا مستديمة Permenent tissues . ولكن في سيقان معظم ذوات الفلقتي وكذلك في عاريات البذور يتميز القسم الاتبر من الكمبيوم الاولى الى لحاء وخشب ابتدائيين ويتبقى قسم غير متميز بين الانجسة الدائمة من الخشب واللحاء حتى بعد تمام نضجها ويصير بعد ذلك كامبيوم الجسم الثانوي للنبات ، ويقوم حينئذ بمهمة تكوين الانسجة الثانوية . ويطلق اسم الكمبيوم الحزمي Fascisular cambium على ذلك الجزء من الكمبيـوم الوعائـي والـذي يقـع داخـل الحزمة الوعائية الاصلية ، وقـد تبقى اشرطـة الكمبيـوم الحزمي منفصلة عـن بعضـها بواسطـة بارنكيـما النسيج الاساسي ، كمـا هـي الحـال في بعض النبـاتـات العشبيـة كجنس الشقيق Ranunculus ، الا انها في اغلب الحالات تتصل عن طريق أشرطة كمبيومية اخرى تتكون بواسطة انقسام الخلايا البارنكيمية الواقعة

بين الحزم الوعائية وهى خلايا الاشعة النخاعية بطريقة فقدان التميز dedifferentiation وتحولها الى خلايا مرستيمية ، ويطلق على هذا الجزء من الكمبيوم مصطلح الكمبيوم مابين الحزم interfascicular cambium

وتتصل بذلك اشرطة الكمبيوم الحزمي باشرطة الكمبيوم بين الحزمي لتكون اسطوانة كمبيومية كاملة تتصل بدورها باسطوانات كمبيومية داخل الافرع وداخل الجذور وفروعها ويصبح الكمبيوم داخل جسم النبات على هيئة تركيب انبوبي أجوف ٠ وتقع الاسطوانة الكمبيومية في الغالبية العظمى من نباتات ذوات الفلقتين وفي عاريات البذور بين الخشب واللحاء بحيث تضيف من خلال نشاطها المرستيمي لحاء ثانويا للخارج وخشبا ثانويا للداخل ، ذلك لان هناك بعض النباتات من ذوات الفلقتين يتكون فيها الكمبيوم الوعائي خارج الخشب واللحاء بطريقة تعتبر غير عادية كما هي الحال في عائلة Chenopodiaceae ٠ ويعتبر التغلظ الناتج عن هذا الكمبيوم تغلظا ثانويا شاذا Anomalous secondary thickening

ويتكون الكمبيوم عادة من نوعين من الخلايا (شكل ٩ــ١) :

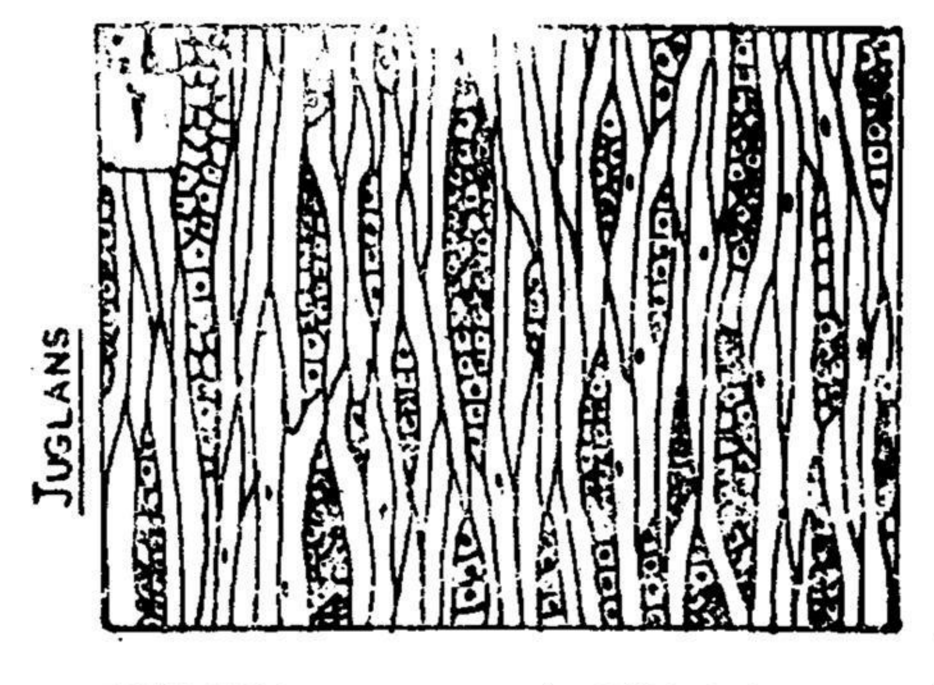
١ ــ خلايا كمبيومية (أو اصول) مغزلية Fusiform initials

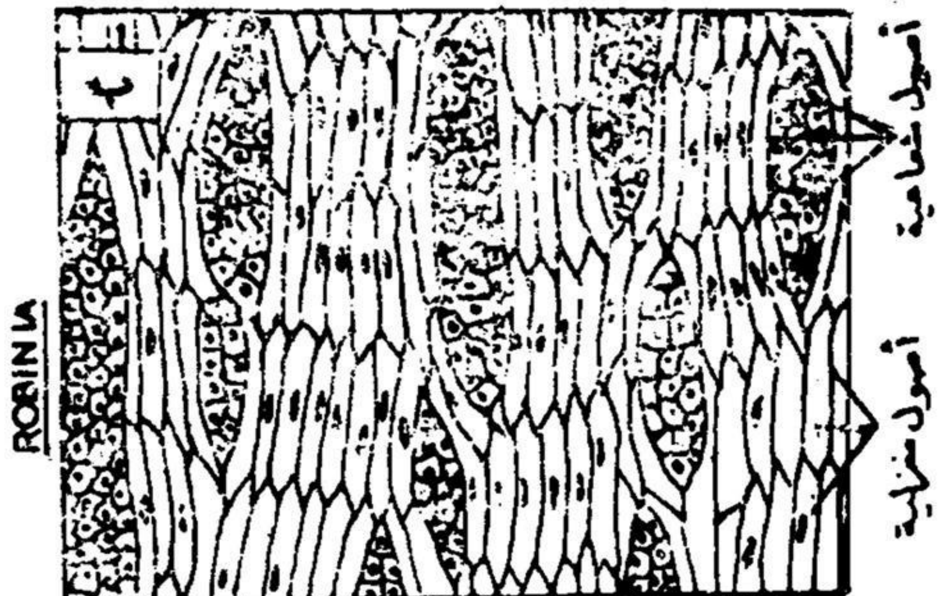
وهي خلايا مستطيلة ذات أطراف مدببة وقد تصل في طولها في بعض الجذوع المسنة الى ٨ مم ٠

٢ ــ خلايا كمبيومية (أو أصول) شعاعية Ray initials

وهذه خلايا صغيرة متساوية الابعاد تقريبا ٠

وتنشأ من الاصول المغزلية العناصر الطويلة رأسياً مثل الالياف . والقصيبات والاوعية وبعض خلايا بارنكيا الخشب وبارنكيا اللحاء وهي الخلايا التي تغلف مجتمعة مايطلق عليه النظام المحوري أو العمودي Axial or Vertical system في الخشب واللحاء الثانويين . في حين تتكون خلايا الاشعة البارنكيمية والتي تكون عادة ممتدة افقياً أو عرضياً من الاصول الشعاعية (شكل ٩ ــ ٢) . ويطلق على الاشعة الوعائية أو غيرها من العناصر التي تكونها الاصول الشعاعية مصطلح النظام الشعاعي (أو الافقي) Radial or Horizontal system وذلك في الخشب واللحاء الثانويين ايضاً .

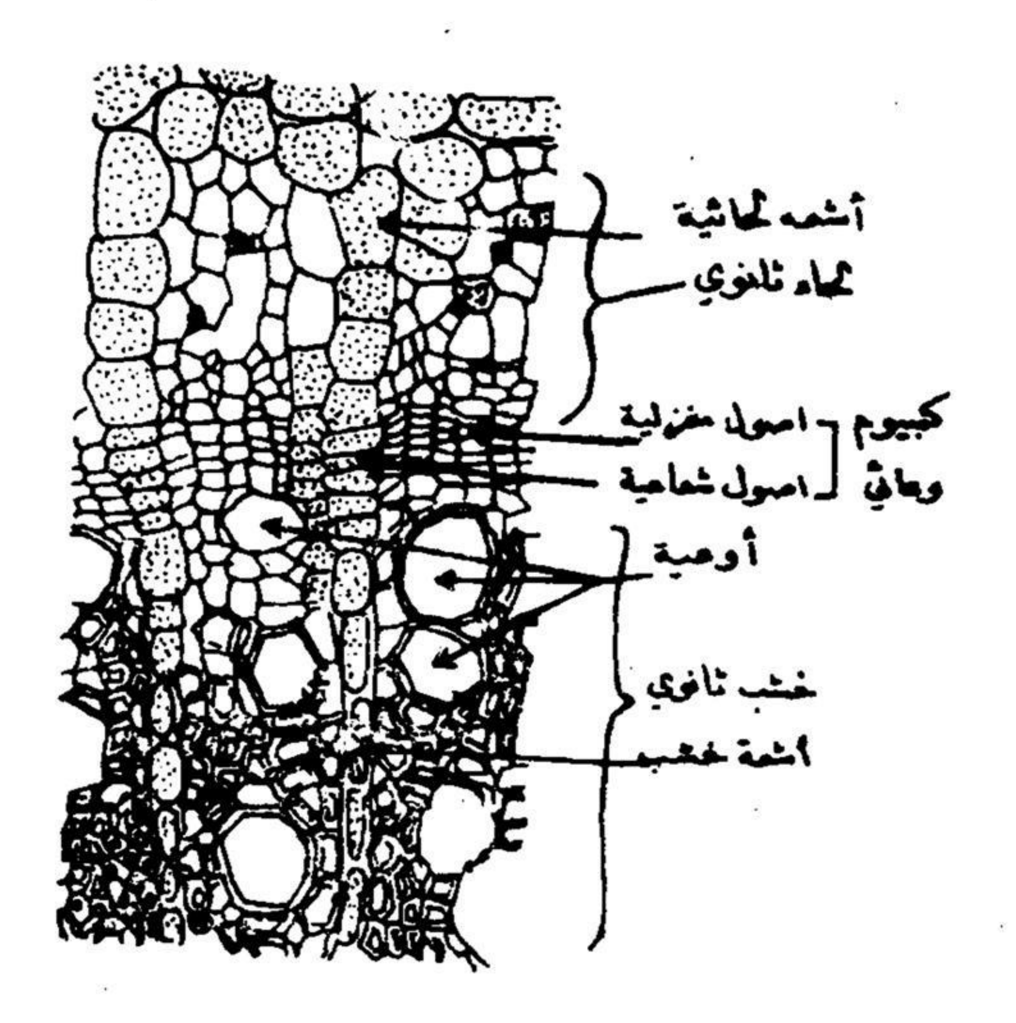




شكل (٩ - ١) مقطع مماسي في الكمبيوم الوعائي يوضح طريقة انتظام الأصول المغزلية والأصول الشعاعية.

أ- كمبيوم غير منضد في الجوز.

ب- كمبيوم منضد في روبينيا.



شكل (٩ - ٢) جزء من مقطع مستعرض في ساق المشمش يوضح منطقة الكمبيوم ومشتقات الأصول المغزلية والشعاعية التي تضاف الى الخشب واللحاء الثانويين .

التركيب الخلوي Cell Structure

على حقول نقرية ابتدائية Primary pitfields تخترقها الروابط البلازمية Pitfields Primarl تكون جدرانها القطرية عادة اسمك من جدرانها المماسية وذلك لتوالي الانقسامات الموازية للسطح والتي تؤدي الى رقة الجدران المماسية . كما أن الخلايا تكون وحيدة النواة وتحتوي اما على فجوة واحدة كبيرة تمتد خلالها خيوط بروتوبلازمية متشابكة أو على عدة فجرات صغيرة مستقلة عي بعضها . ويكون حجم النواة في الاصول المغزلية Fusiform Initials اكبر منه في الاصول

الشعاعية Ray initials إلا أن نسبة حجم النواة الى حجم الخلية في الاصول المغزلية أصغر بكثير منها في الاصول الشعاعية .

منطقة الكمبيـــوم Cambial Zone

خلال فترة النمو تنقسم خلايا الكمبيوم الاصلية بحيث تظهر هذه الخلايا مرتبة مع الخلايا التي تنتج عنها في صفوف قطرية Radial rows . ويطلق على خلايا الكمبيوم والخلايا الناتجة عنها المشتقات Derivatives والملاصقة لها مباشرة اسم منطقة الكمبيوم cambial zone وهي المنطقة التي تبدو فيها الخلايا متراصة في صفوف قطرية . وفي حدود المعنى الدقيق يقتصر استعمال لفظ الكمبيوم عـلى شريـط الخـلايـا الكمبيوميـة الاصليـة الـتي تمثـل استمراراً للكمبيوم الاولى اذ عندما تصل الخلايا الناتجة عن الانقسامات المماسية المتوالية الى مرحلة النضج تصبح الخلايا المحتفظة بنشاطها المرستيمي مرتبة في صف مماسي محدد هو الكمبيوم الحقيقي ٠ الا انه خلال مرحلة الانقسام المستمر لخلايا الكمبيوم فإنه يتعذر التمييز بينها وبين الخلايا المشتقة Derivatives منها والمنتظمـة معهـا في صفوف قطريـة وحينئـذ يستعمـل عـادة لفـظ الكمبيوم ليعني منطقة الكمبيوم كلها ٠ ولقد شك البعض اساسا في وجود طبقـــة كمبيومية واحدة اذ ان جميع خلايا منطقة الكمبيوم لهـــا نفس صفات الخلايا الاصلية ٠

وعلى الرغم من أن الانقسامات التي تحصل في خلايا الكمبيوم هي بصورة سائدة من نوع الانقسامات المحيطية Periclinal cell divisions إلا أنه تحصل احياناً انقسامات عمودية Anticlinal cell divisions ينتج عن كل منها تكوين خليتين تبقيان مرستيميتين . فيزداد بذلك عدد خلايا الكمبيوم لتتماشى مع الزيادة القطرية الناتجة عن استمرار التغلظ الثانوي .

ويمكن تمييز نوعين من الكمبيوم وذلك على اساس ترتيب وانتظام الخلايا المغزلية في المقطع المماسي Tangential section

١ ــ كمبيوم منضد (مصفف) Storied or stratified cambium

وفيه تنتظم خلايا الكمبيوم المغزلية في صفوف أفقية بحيث تكاد تصبح أطرافها في مستوى واحد كمـــا هى الحال في نباتي Robinia والعبـــل Tamarix وتكون الخلايا المغزلية في هذه الحالة من النوع القصير ٠ كما يتوالد عن هذا النوع ترتيب طبقي في الخشب واللحاء ٠

٢ ـ كمبيوم غير منضد (غير مصفف)

Non-storied or non-stratified cambium

وفي هذه الحالة تتراكب الخلايا المغزلية جزئيا ولا تنتظم في صفوف افقية . وتكون الخلايا في الكمبيوم غير المنضد عادة اطول من خلايا الكمبيوم المنضد وأكثرها شيوعا بين النباتات ومما تجدر الاشارة اليه ان الكمبيوم المنضد يعتبر أرقى تطوريا من النـــوع غير المنضد ، كما أن الاصول المغزليـة القصيرة للكمبيوم هى الاخرى أرقى تطوريا من الاصول الطويلة ٠

النمـو الخلوي

تنقسم الخلايا الاصلية للكمبيوم وكذلك الخلايا الناتجة عنها والتى لم تتميز بعد انقسامات طولية موازية للسطح (محيطية) Oericlinal وانقسامات عمودية Antielinal عليه احياناً وينتج عن الانقسامات الموازية للسطح ـ وهي الاكثر حدوثاً تكوين العناصر الجديدة من الخشب الثانوي Secondary xylem الى الداخل واللحاء الثانوي Seeondery Phloem الى الخارج . وتظهر نواتج الخلية الكمبيومية الواحدة منتظمة في صف واحد الا ان هذا الانتظام لا يستمر بل يتلاشى تدريجياً مع نضج الانسجة الوعائية المتكونة ومايصحب ذلك من تغيرات تطرأ على شكل وحجم عناصرها المختلفة سواء في الخشب او في اللحاء . وعندما تنقسم خلية الكمبيوم ينتج عن انقسامها خليتان متشابهتان ظاهريا تتميز احداهما فيما بعد الى خلية من خلايا الخشب الثانوي أو الى خلية من خلايا اللحاء الثانوي وتظل الاخرى مرستيمية.ويكون تميز الخلايا الداخلية الى عناصر خشب اما الخلايا فتتميز الى عناصر لحاء .

ونتيجة للتغلظ الثانوى يزداد اتساع الاسطوانة الخشبية Xylem Cylinder بالتدريج وتبعا لذلك يزداد أيضا الكمبيوم في المحيط وذلك عن طريق اضافة خلايا جديدة ٠ هـــذه الخـلايا الجديدة تتكـــون في حالـــة الكمبيوم المنضد

stratified cambium بانقسامات طويلة متعامدة على السطح antichinal أما في حالة الكمبيوم غير المنضد nonstratified cambium فتكون الانقسامات متعامدة على السطح أيضا الا انها تكون مائلة ويتبعها بعد ذلك نمو انحشاري أو انزلاقي intrusive growth بحيث تستطيل بعد ذلك الخلايا الناتجة وتصل في طولها الى طول الخلية الاصلية او أكثر ٠

كما ان اتساع اسطوانة الكمبيوم يتبعه تكوين أصول شعاعية جديدة Ray initials وذلك من خلال فقدان اصول مغزلية لتحل محلها الاصول الشعاعية المتكونة ٠ يحدث ذلك باحدى الطرق الاتية : ١ـ انقسام خلية مغزلية لتعطى على أحد جانبيها خلية شعاعية ٠ ٢ـ اقتطاع خلية شعاعية من طرف خلية مغزلية ٠ ٣ـ تحول خلية مغزلية متضائلة تدريجيا الى خلية شعاعية ٠ ٤ـ انقسام خلية مغزلية عرضيا لتعطى صفا من خلايا شعاعية ٠

النشاط الكمبيومي Cambial activity

يتأثر الشكل العام للنمو القطري بدرجة كبيرة بمعدل النشاط الكمبيومي فاذا زاد معدل انقسام خلايا الكمبيوم على معدل تميز الخلايا الناتجة عن هذا الانقسام فعندئذ يتسع نطاق منطقة الكمبيوم cambial zone ٠ اما في حالة تساوي معدل انقسام خلايا الكمبيوم مع سرعة تميز الخلايا الناتجة الى عناصر الخشب أو عناصر اللحاء فان منطقة الكمبيوم تظل ضيقة وواضحة الحدود ٠ ويظهر الكمبيوم الوعائي تغايرا كبيرا من حيث مدة وشدة نشاطه متأثرا في ذلك بعدة عوامل خارجية وداخلية ٠

النشاط الموسمي للكمبيوم

يستمر نشاط الكمبيوم في بعض النباتات طوال فترة حياة النبات اي ان خلايا الكمبيوم تظل تمارس انقسامها بصورة مستمرة وتتميز الخلايا الناتجة عن هذا الانقسام تدريجياً لتكوين عناصر الخشب واللحاء الثانويين وغيرها من الانسجة . يحدث هذا على سبيل المثال في بعض النباتات التى تعيش في المناطق الاستوائية Tropical zones ، كما يحدث ايضا في بعض النباتات التى تعيش في المناطق المعتدلة الدافئة Warm Temperate zones . اما في المناطق التي يتميز مناخها بتعاقب موسمى واضح فيكون النشاط الكمبيومي على اشد في فصل الربيع Spring ثم يتناقص تدريجياً خلال فصل الصيف Summer بينما يتوقف تماماً خلال فصلي الخريف Fall والشتاء Wintev

ويعاود الكمبيوم نشاطه مرة اخرى بحلول فصل الربيع التالي ويستمر بمعدل عال خلال هذا الفصل وهكذا . وعندما يستأنف الكمبيوم نشاطه يمر في مرحلتين : المرحلة الاولى هى استطالة خلايا الكمبيوم قطريا .. والمرحلة الثانية وتتضمن ممارسة عملية الانقسام الاعتيادية . ونتيجة استطالة الخلايا في المرحلة الاولى ترق جدران خلايا الكمبيوم الى درجة كبيرة وتضعف بالتالي قوة احتمالها وقد تحدث عملية انفصال للقلف Bark في هذه المرحلة . وخلال المرحلة الثانية تتكون بتوالي انقسام الكمبيوم عدة طبقات من خلايا الخشب الحديثة والتى قد تصل الى حجمها الكامل ، الا ان جدرها في حالتها الابتدائية الرقيقة . ويسهل ايضا خلال هذه الطبقات الرقيقة حدوث عملية انفصال للقلف من الخشب .

دوام الكمبيوم Duration of the Cambium

يختلف دوام الكمبيوم الى حد كبير من نبات لنبات ومن جزء الى جزء

اخر من نفس النبات • فقد يبقى الكمبيوم حيا وقائما بنشاطه طيلة فترة حياة النبات كلها وذلك في المحور الرئيسي للنباتات الخشبية المعمرة Perennial wooly flants وهذه النباتات تستطيع المحافظة على بقائها لسنوات عديدة . اما في الاوراق والنورات Inflorescences وغيرها من الاعضاء ذات العمر القصير فيدوم الكمبيوم لفترة قصيرة تصل الى بضعة ايام في بعض الحالات . وفي هذه الاعضاء يتحول الكمبيوم بأكمله الى نسيج وعائي ويتلاشى وجوده تماما داخل الحزم الوعائية . ويحدث الشيء ذاته في سيقان معظم النباتات الحولية Annual Plents . وفي بعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين يقوم الكمبيوم بنشاطه لفترة قصيرة مكوناً القليل من الانسجة الوعائية الثانوية .

تأثير النشاط الكمبيومي على جسم النبات الابتدائي

نتيجة لقيام الكمبيوم الوعائي بنشاطه في تكوين الانسجة الثانوية Secondavy teisuea فإن قسماً من الانسجة الابتدائية Primary tisus يضم في واقع الامر النخاع Pith والخشب الابتدائي Primary xyleun يصبح محاطاً بالانسجة الثانوية المتكونة وتنقطع صلته بالاجزاء الخارجية . وقد لا يعاني هذا القسم تغييراً كبيراً الا بعد تقدم الزمن واختفاء المحتويات الحية لمعظم الخلايا ولا سيما خلايا النخاع وخلايا برنكيما الخشب Xylem Parenchyma ، ويمكن بسهولة تتبع موقع وشكل الخشب الابتدائي في كثير من السوق والجذور المسنة . اما الانسجة الابتدائية الواقعة خارج الكمبيوم فلا تستطيع حتى في حالات استمرارها في النمو البطيء ان تواكب الاتساع المستمر الناتج عن تكوين الانسجة الثانوية ، فخلايا اللحاء الابتدائي قد تتفلطح في الاتجاه المماسي وبعضها يتمزق أو قد يفقد تماماً ويبدو النسيج كله كشريط ضيق . اما القشرة الثانوية فقد تتمدد خلاياها ايضا في نفس الاتجاه ولكنها بعد ذلك تتلاشى ولا يبقى لها أثر في اغلب الاحيان . اما خلايا القشرة Cortex وخلايا الدائرة المحيطة فقد تصمد بعض الوقت نتيجة لقدرتها على النمو البطيء الا انها قد تتعرض لعوامل احرى كالجفاف وانقطاع الغذاء وانعزالها عن الانسجة الداخلية للنبات عن طريق تكوين طبقات الفلين Cork من الداخل . وفي نهاية الامر تسقط هذه الاجزاء ان اجلا او عاجلا ليحاط جسم النبات الثانوية بنسيج البشرة المحيطة . الا انه في

حالات خاصة قد تصمد بعض هذه الانسجة لفترة طويلة فقد تبقى القشرة لعدة سنوات في بعض النباتات الخشبية Woody Plants. الا ان النباتات العشبية Herbaceous Plants تختلف كثيراً عن النباتات الخشبية وذلك لان الانسجة الثانوية والانسجة الابتدائية قد تتواجد معا لفترة طويلة وذلك نتيجة لقدرة الانسجة الابتدائية الخارجية في هذه النباتات على مجاراة الزيادة في السمك اثناء النمو الثانوي مما يؤدي الى عدم تأثرها بالنشاط الكمبيومي بنفس الدرجة التي تحدث في النباتات الخشبية.

الفصل العاشر

CHAPTER 10

الخشب الثانوي

SECONDARY XYLEM

عندما يمارس الكمبيوم الوعائي نشاطه ولاسيما في النباتات الخشبية الكبيرة ذات الجذوع الضخمة تتكون على مر السنين كميات كبيرة من الخشب الثانوي تشكل في اخر الامر القسم الاكبر من جسم النبات ٠ وهذا يعود بطبيعة الحال الى ما للخشب الثانوي من اهمية كبيرة ليس فقط بالنسبة لتوصيل الماء والاملاح الى جميع اجزاء النبات وانما بالنسبة للدعم الميكانيكي الذى تتطلبه هذه النباتات ٠ ويتكون الخشب الثانوي من عناصر عديدة تضم القصيبات **Tracheids** والاوعية **Vessels** والالياف Fibres وبارنكيما الاشعة **Ray** parenchyma ٠ وتختلف النباتات فيما بينها في كمية وحجم وترتيب العناصر الممكنة . بحيث يمكن في بعض الاحيان استخدام هذه الاختلافات للتمييز بين هذه النباتات ليس فقط بين أجناسها بل بين أنواعها أيضا ٠

تركيب الخشب الثانوي

يتركب الخشب الثانوي اساساً من نظامين من العناصر نظام عمودي او محوري **Vertical system or Axial System** تمتد عناصره بمحاذاة المحور الرئيسي للعضو النباتي ونظام افقي أو قطري Horizontal or **Radial** system تمتد عناصره متعامدة مع عناصر النظام المحوري (شكل ١٠ـ١) ٠ وتتكون عناصر النظام المحوري من عناصر وعائية هي من قصيبات والاوعية بالاضافة

الى الالياف والخلايا البرنكيمية الموازية لها في حين تتكون عناصر النظام

الافقي من اشعة الخشب xylem rays التي تتكون اساساً من خلايا برنكيمية وقد تشترك في هذا النظام عناصر ناقلة كما في بعض الصنوبريات Conifers حيث توجد

قصيبات يطلق عليها القصيبات الشعاعية ray tracheids . وتتصـــل

عادة الخلايا الحية من النظام المحوري مع الخلايا الحية لاشعة الخشــــب

وجميعها تتصل ايضاً بالخلايا الحية في سائر المناطق كالنخاع Pith والقشرة Cortex واللحاء Phloem . والعناصر الوعائية Tracheary elements التي يضمها النظام الطولي تختلف عن نظيراتها في الخشب الابتدائي في بعض الاعتبارات فهي اقصر عادة من حيث طولها وربما يعزى هذا الى استطالة العناصر الابتدائية اثناء النمو الطولي للنبات في مراحلة الاولى. كما انها لاتتضمن الانواع الحلقية Annular والحلزونية Spiral التي توجد في العناصر الناقلة للخشب الخشب الابتدائي ذلك فإن بالاضافة الى العناصر الافقية الممثلة اشعة الخشب تكون غير موجودة بالخشب الابتدائي.

برنكيما الخشــب Xylem parenchyma

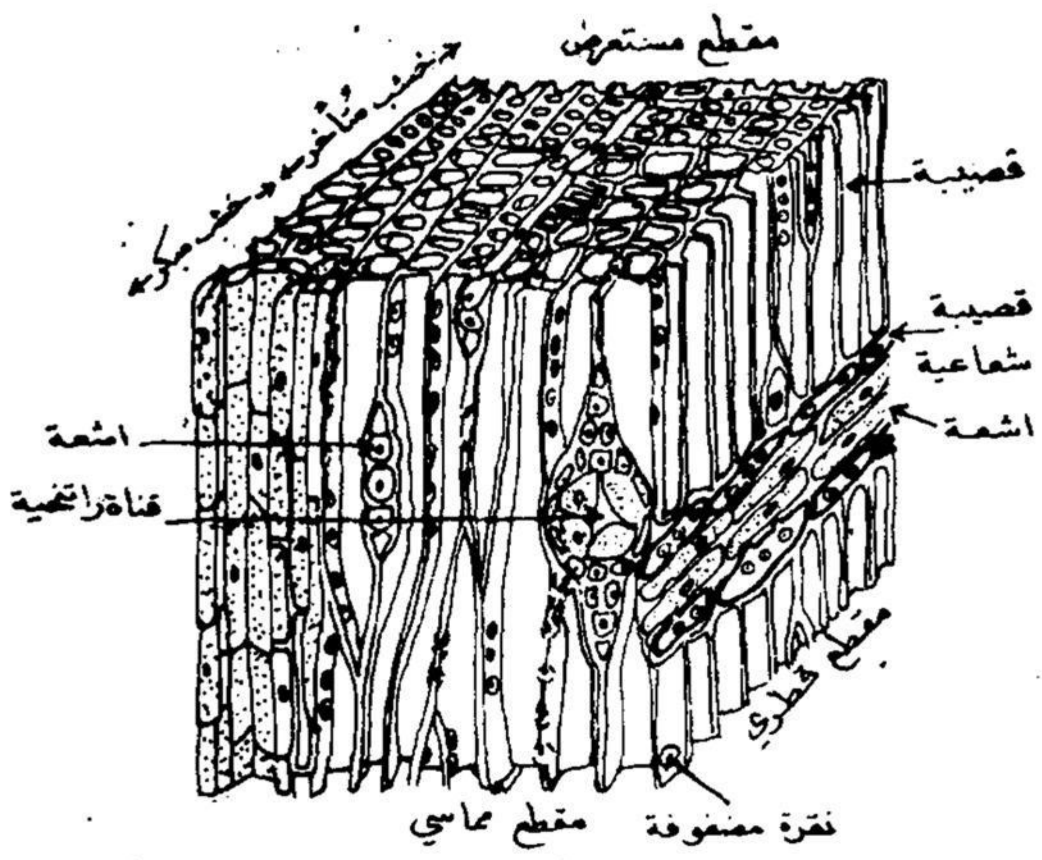
تتضمن برنكيما الخشب الثانوي نوعين متميزين من الانسجة همــــا البرنكيمــــا المحوريـــة axial parenchyma، والبرنــكيما الشـــعاعية ray parenchyma . وتنتج البرنكيما المحورية عن اصول كمبيوميـــة

مغزلية في حين تنتج البرنكيما الشعاعية الاصول الشعاعية التي تكون خاصة قصيرة

نسبيا . والبرنكيما المحورية قد تكون طويلة كالاصول المتى استمدت منها

الا انها قد تنقسم قبل ان تتميز ولذلك فالخلايا الناتجة تكون أقصر كثيرا

من الخلايا الكمبيومية المغزلية وكذلك اقصر من الخلايا الاخرى المجاورة لها . اما خلايا البرنكيما الشعاعية تستطيل باتجاه قطري . كما انها قد تكون مغلظة بجدران ثانوية



شكل (١٠-١) شكل يوضح تركيب الخشب الثانوي لنبات الصنوبر كما يبدو في قطاع مستعرض وطولي قطري ومماسي

تحتوي على نقر. هذه النقر قد تكون بسيطة Simple أو نصف مصفوفة Semibordered كما قد تكون احياناً بهيئة زوج نقري مصفوف الوجهين Bordered pit field وتقوم برنكيما الخشب بصفة عامة بخزن بعض المواد كالنشا والدهون كما قد تحتوي بعض خلاياها على مواد دباغية Tannins أو بلورات Crystals أو غير ذلك.

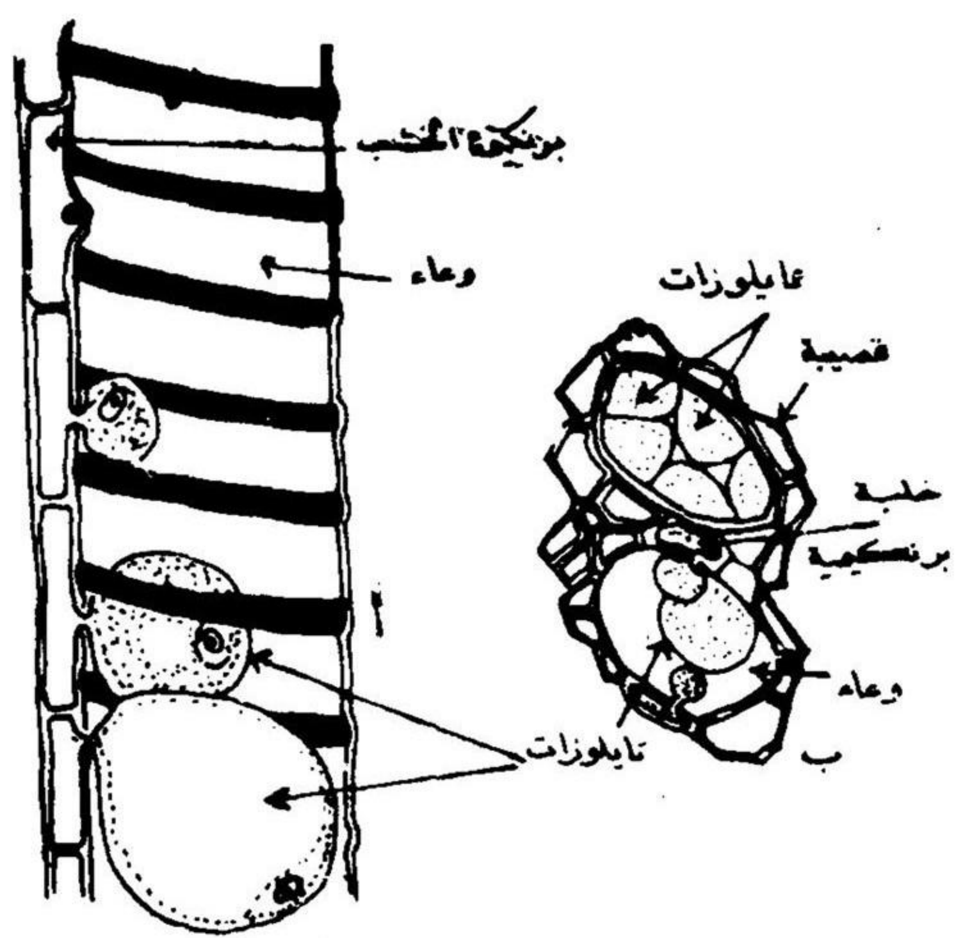
التيلـــوزات Tyloses

التيلوزات عبارة عن تراكيب مثانية الشكل تظهر داخل الاوعيـــة والقصيبات في الخشب الابتدائي والخشب الثانوي (شكل ١٠-٢) الا انها اكثر شيوعا في الخشب الثانوي ولاسيما في نباتات مغطاة البذور ، فهـي

قليلة الوجود في خشب عاريات البذور Gymnosperm wood . وتتكون التيلوزات نتيجة انتفاخ الجدار الخلوي لخلية برانكيما الخشب أو برنكيما شعاعية مجاورة لوعاء أولقصيبة من خلال النقرة الى فراغ ذلك الوعاء او تلك القصيبة وعند ذلك يتحدد ايضاً غشاء النقرة الرقيق ويمتد داخل الفراغ . قد يحدث ذلك بصورة طبيعية عندما يصبح الخشب خاملا أو عند اصابته بضرر • وقد ينتقل الى التيلوز جزء من سايتوبلازم الخلية البرنكيمية وأحيانا تنتقل النواة ذاتها • وفي التيلوزات الناضجة قد تظهر حبيبات نشوية أو بلورات او مواد راتنجية • والتيلوزات قد تكون صغيرة أو كبيرة كما انها قد تكون قليلة كما في خشب الحور أو الغرب **Populus** أو عديدة كما في شجر البلوط **Quercus** لدرجة انها قد تغلق الوعاء أو القصيبة تماماً . وقد يكون جدار التيلوز رقيقاً أو سميكاً بمادة اللكفين كما قد تظهر النقر عندما تلتقي جدران التيلوزات مع بعضها • وقد تتضخم الخلايا الطلائية Epithelial cells المحيطة بالقنوات الراتنجية Resin canals والشائعة في رتبة المخروطيات Coniferales بشكل يشبه التيلوزات وقد تسد بذلك القناة الراتنجية وتسمى هذه الخلايا باشباه التيلوزات Tylosoids كما يطلق هذا الاسم ايضاعلى امتداد الخلايا البرنكيمية داخل قصيبات أو أوعية الخشب الاول خلال الاجزاء الضعيفة او المتمزقة •

الحلقات السنوية Annual Rings

في النباتات الخشبية المعمرة Perennials حيث يقوم الكمبيوم بوظيفته طوال حياة النبات لايكون نشاطه في هذه الحالة منتظماً على مدار السنة ولكنه يكون في أغلب الاحيان نشاطا موسميا ولاسيما في النباتات التي تعيش في المناطق المعتدلة حيث التغيرات المناخية الكبيرة أو التي تعيش في المناطق

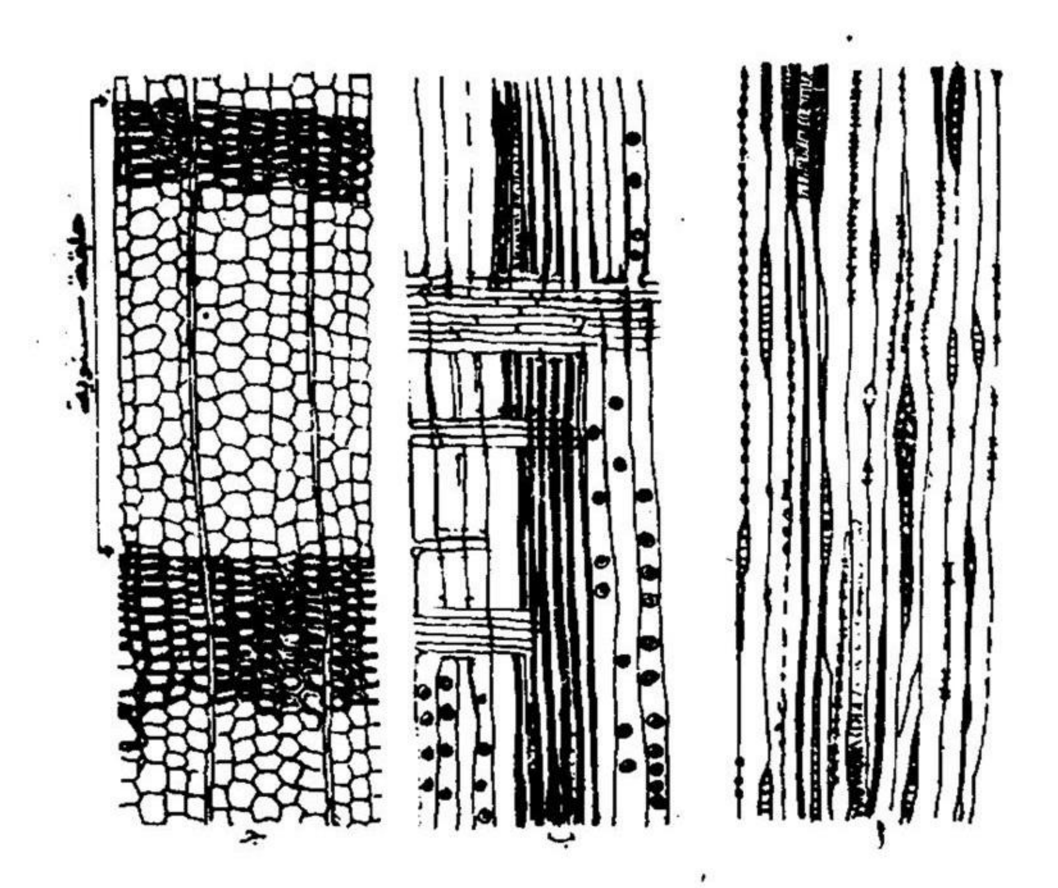


شكل (١٠-٢) التايلوزات أ- مراحل تكوين التايلوزات في وعاء خشبي من الخلايا البرنكيمية المجاورة كما تبدو في المقطع الطولي.
ب- التايلوزات كما تبدو في المقطع المستعرض

الاستوائية حيث يحدث تبادل منتظم بين المواسم المطيرة والمواسم الجافة .
وعند ذلك يكون أيضا للكمبيوم مواسم نشاط ومواسم خمول تبعا للتغيرات المناخية . فتكون النتيجة لذلك حلقات متوالية Suceessive rings من الخشب متميزة،يمكن رؤيتها احياناً بالعين المجردة في المقاطع المستعرضة(شكل١٠-٣) .
ويطلق على هذه الحلقات اسم الحلقات السنوية Annual rings أو حلقات النمو Growth rings. في هذه النباتات تكون عناصر الخشب

المتكونة في موسم الربيع وفي مستهل موسم الصيف واسعة رقيقة الجدران نسبيا ومعظمها على هيئة أوعية ، اما عناصر الخشب المتكونة في أواخر موسم الصيف فيكون معظمها بصورة ألياف · أما الاوعية فتكون قليلة ضيقة وسميكة الجدران · وتسمى هذه العناصر على التوالى الخشب الربيعي Spring wood أو الخشب المبكر Early wood والخشب الصيفى Summar wood أو الخشب المتأخر Late wood وتكون المنطقتان معا حلقة سنوية Annual ring واحدة· ويكاد يتوقف النشاط الكمبيومي تماما خلال فصلي الخريف والشتاء ليستأنف نشاطه عند حلول موسم الربيع للسنة التالية · ويعزى الاختلاف في تكوين هذه العناصر الى اختلاف حاجة النبات مع تغير الموسم ، اذ تزداد الحاجة في الربيع الى عناصر خشبية واسعة لتزيد في كفاءة النبات لنقل الماء والاملاح تساعد في تكوين الاوراق والفروع الجديدة · اما في الصيف فتزداد الحاجة الى عناصر خشبية تساعد على تدعيم جسم النبات · وفي خلال السنة الواحدة لا تكون هناك حدودا واضحة بين الخشب المتكون في موسم النشاط اي الربيع والخشب المتكون في موسم الصيف الذى يليه · ولكن الخشب الصيفي يتحدد بشكل واضح من الخشب الربيعي المتكون في السنة التالية · وبذلك يمكن ان يتحدد الخشب الناتج خلال العام الواحد بحلقة سنوية واحدة · وعلى هذا الاساس يظهر الخشب الثانوي في حلقات سنوية متوالية تمثل كل واحدة منها عاما واحدا بحيث يمكن تقدير عمر النبات ولو تقديرا تقريبيا · الا انه قد يحدث احيانا ان تتكون حلقات سنوية كاذبة False annual rings ينتج عنها ان يفوق عدد الحلقات السنوية العمر الحقيقي للنبات. يحدث ذلك مثلاً عند اضطراب النمو الموسمي في حال تعرض

النبات مثلا لظروف مناخية سيئة أو اصابة النبات بمرض أو أية عوامل اخرى ينتج عنها انخفاض سرعة نمو النبات أو توقف هذا النمو لفترة ما خلال موسم الربيع . كما انه يجب ان يؤخذ في الاعتبار عند تقدير عمر النبات عن طريق عدد الحلقات السنوية في النباتات الخشبية ان كمية كبيرة من الخشب الثانوي تتكون خلال السنة الاولى بحيث تتكون الحلقة السنوية الاولى من كل من الخشب الابتدائي مضافا اليه الخشب الثانوي المتكون في نفس السنة .



شكل (١٠ـ٣) الخشب الثانوي غير المسامي في نبات سود و تسوگا من عاريات البذور كما يبدو في (أ) المقطع المماسي (ب) القطري جـ ـ المستعرض

الخشب منتشر المسام والخشب حلقي المسام

Diffuse-and Ring- Porus Wood

تنتظم الاوعية خلال الخشب الثانوي في ذوات الفلقتين بطريقة خاصة يتميز بها النوع ، فقد تكون الاوعية متساوية الاقطار تقريبا وموزعة داخل الخشب توزيعاً منتظما على مدى الحلقة السنوية وحينئذ يقال للخشب أنه منتشر المسام Diffuse-porous wood (شكل ١٠ ــ ٤) ومن امثلة هذا النوع من الخشب ما يلاحظ في أنواع الاسفندان **Acer spp.** والحور الابيض أو الغرب الابيض **Populus alba** والتامول **Betula** والزيتون Olea europaea والكافور Eucalyptus spp. · اما اذا احتوى الخشب على أوعية متباينة الاقطار بحيث تظهر الاوعية المتكونة في مستهل الموسم أكبر بصورة واضحة عن تلك المتكونة في الخشب المتأخر فحينئذ يقال للخشب انه حلقي المسام (شكل ١٠ ــ ٥) ring-porous wood

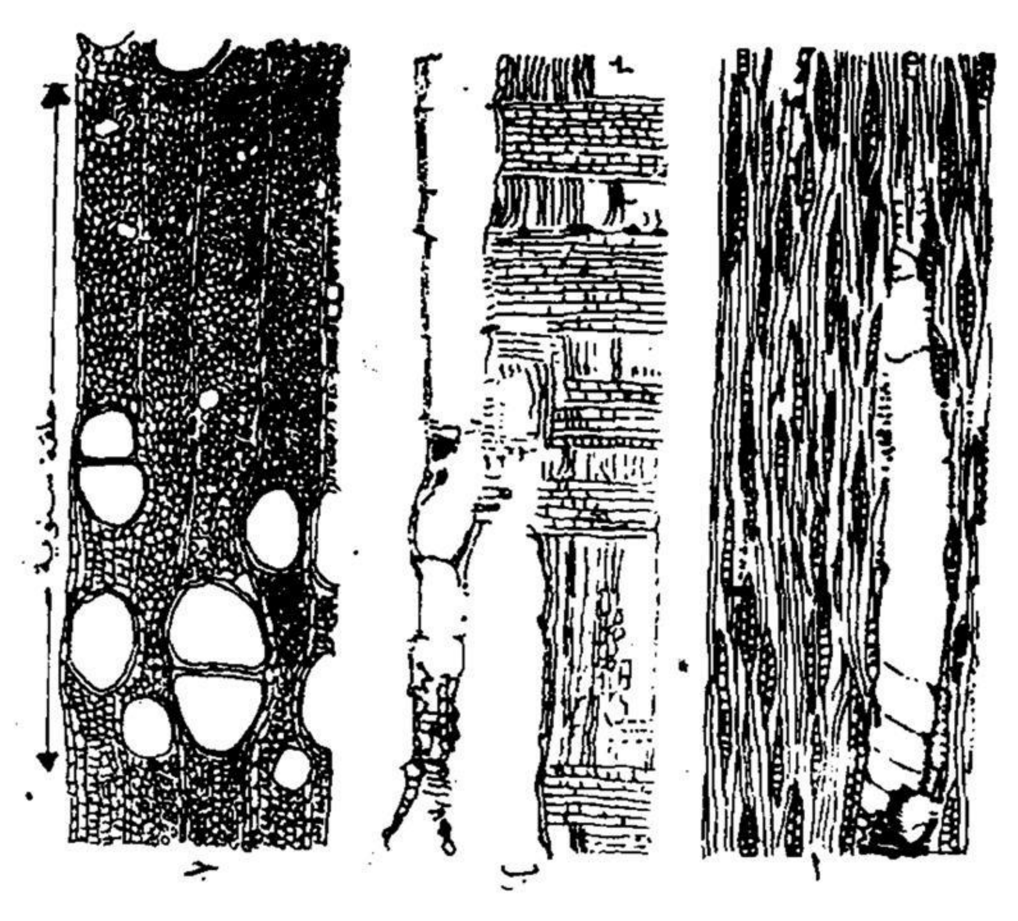
ومن امثلة هذا النوع نبات لسان الطير أو الدردار Fraxinus والبلوط Quercus وروبينيا **Robinia pseudoacacia** . وليس الفاصل حاداً بين هذين النوعين اذ هناك أنواع من الخشب تعتبر حالات متوسطة بينهما . وقد ثبت ان للظروف البيئية اثناء نمو الخشب بالاضافة الى عمر النبات تأثير على توزيع الاوعية · ويعتبر الخشب حلقي المسام أكثر تقدما من الناحية التطورية من الخشب منتشر المسام . ويوجد النوع الاول في عدد محدود من النباتات يعيش معظمها في نصف الكرة الشمالي في بيئات قاحلة كما ثبت وجوده في النباتات التى تعيش في مناخ تتناوب فيه الفصول المطيرة مع الفصول الجافة · ومن الجدير بالذكر ان خشب عاريات البذور يوصف بكونه لا مسامي Non -porous wood لغياب الاوعية فيه · في حين أن خشب مغطاة البذور يوصف بكونه مسامياً Porus



شكل (١٠-٤) الخشب منتشر المسام في سيقان نبات الأسفندان Acer
كما تبدو في المقطع (أ) المماسي (ب) القطري (جـ) المستعرض .

الخشب الصميمي والخشب الرخو Heart wood and Sapwood

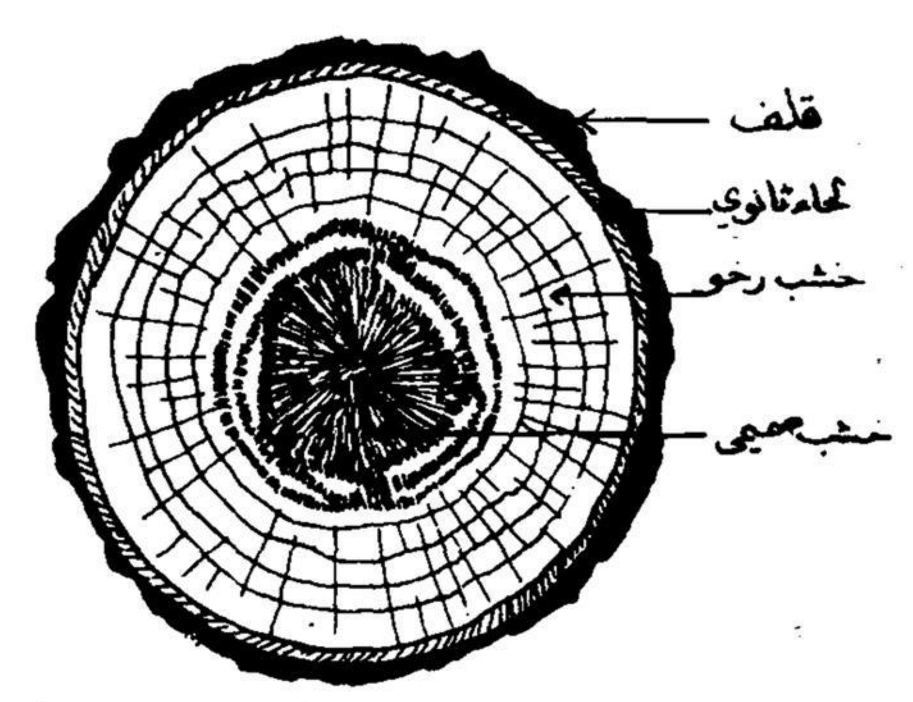
يتوالى تكوين الخشب الثانوي بمرور الزمن ويفقد الخشب الواقع بالمركز والمتكون منذ فترة بعيدة أهميته بالتدريج ويقوم بوظيفته الخشب الثانوي حديث التكوين · يرجع ذلك الى تغيرات كثيرة تحدث للخشب كلما مر به الزمن ولاسيما الخشب الموجود بالمركز والذى يصبح ذا قيمة ميكانيكية دعامية فقط بينما يفقد وظيفته في التوصيل · ويسمى هذا الخشب المركزي الخشب الصميمي Heart wood في حين يدعى الخشب



شكل (١٠-٥) الخشب الثانوي حلقي المسام من ساق نبات لسان الطير Fraxinus كما يبدو في المقطع (أ) المماسي (ب) القطري (ج) مستعرض

الحديث والذي مايزال يؤدي وظيفة النقل مصطلح الخشب الرخو Sapwood (شكل ١٠ ـ ٦) والخشب الاخير يحتفظ بجميع وظائفه سواء كانت التوصيلية أو الدعامية أو التخزينية .

والتغيرات التي تطرأ على الخشب الصميمي تتضمن فقدان العناصر الحية لحيويتها وتزداد جدران عناصره بوجه عام في السمك نتيجة ترسب مادة اللكنين ، كما تقل نسبة الماء فيها بدرجة كبيرة • وتتشبع الخلايا عن



شكل (١٠-٦) مقطع مستعرض في غصن لساق نبات معمر يوضح الخشب الصميمي - في المركز - والخشب الرخو نحو الخارج

طريق ترسب مواد مختلفة بداخلها من بينها الزيوت **Oils** والاصماغ **Gums** والمواد الراتنجية **Resins** والمواد الدباغية **Tannins** وبعض المواد الصبغية الملونة التى تضفي على الخشب الصميمي اللون الداكن • ويعتبر ترسب هذه المواد من العوامل التى ترفع من قيمة الخشب من الناحية الاقتصادية فهي تزيده متانة وقوة احتمال ومقاومة للتأثر بالحشرات والفطريات • كما ان اللون الداكن يجعل الخشب اكثر قابلية للصبغ والصقل • ومن بين الاخشاب المعروفة ذات القيمة الاقتصادية والابنوس **Diospyrus** (ebony) وخشب الصاج (teak) (**Tectona grandis**) وغير ذلك .

ويعتبر الخشب الصميمي أقوى بكثير من الخشب الرخو وأصلح للاستعمال

في الاغراض الصناعية ولاسيما في عمل الاثاث • أما الخشب الرخو فيمثل الخشب الثانوي المتكوّن مؤخرا • ويتميز بلونــه الفاتــح نسبيا ووقوعه خارج الخشب الصميمي ، كما أن عناصره الحية (البرنكيما) تكـــون لا زالت محتفظة بحيويتها • كما انه يمثل الخشب الوظيفي بالنسبة لعملية النقل اضافة الى وظيفته الميكانيكية التى يشـــترك فيها مع الخشـــب الصميمي •

وتتباين النباتات فيما بينها في نسبة الخشب الصميمي الى الخشـــب الرخو . ففي بعض النباتات مثل جنس التين **Ficus** وجنس الصفصاف **Salix** يكون الخشب جميعه من النوع الرخو بينما يكون معظمه من النوع الرخو في نبات الاسفندان Acer • وفي نباتات اخـــرى مثل التـــوت Morus وروبينيا Robinia يكون الخشب الرخو طبقة رقيقة فقط بينما يتحول معظم الخشب في هذه الحالة الى خشب صميمي

الخشب الثانوي في عاريات البذور

Secondary Xylem in Gymnosperms

يعتبر الخشب الثانوي في عاريات البذور أبســـط تركيبا واكثر تجانسا من الخشب الثانوي في مغطاة البـــذور وتكمن الفروق الرئيسية بينهما في عدم وجود أوعية في عاريات البذور باستثناء رتبة Gnetales بالاضافة الى وجود كمية قليلة من برنكيما الخشب ولاسيما بالنســـبة للبرنكيما المحورية • وفي معظم عاريات البذور تمثل القصيبات العناصر الوعائية الوحيدة في النظام المحوري إلا أن الخشب المتاخر قد تكون قصيباته سميكة الجدران ذات نقر ضيقة الردهات ، طويلة القناة وتسمى حينئذ بالقصيبات الليفيـــة Fibre-trcheids . أمـــا الاليـــاف (المستـــدقـــة)

Libriform fibres فلا توجد في خشب عاريات البذور • والقصيبات تتراوح في طولها مابين ٥ر٠ مم الى ١١ ممم ، ولذلك فالقصيبة الواحدة قد تتصل باكثر من شماع برنكيمي ، وتتراكب القصيبات ويحدث الاتصال بينهما عن طريق النقر المضفوفة والتى قد تنتظم في صف طولى واحد أو

بينها عن طريق النقر المضفوفة Bordered pits التي قد تنتظم في صف طولي واحد أو اكثر . ويختلف عدد النقر في القصيبة الواحدة مابين ٥٠ ــ ٣٠٠ . وتوجد النقر عادة على الجدران القطرية Radial walls ولكنها قد توجد على الجدران المماسية Tangential Walls وذلك في الخشب المتأخر . وقد توجد في بعض عاريات البذور تغلظات جدارية مستعرضة هلالية الشكل اعلى واسفل النقرة ، وذلك في الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي ويطلق عليها اسم التراكيب الهلالية Bars of Sanyo crassulae (شكل ١ ــ ٥ د) . كما يتميز خشب عاريات البذور وذلك في بعض الحالات فقط بوجود زوائد جدارية Trabeculae

تمتد مابين الجدران المماسية في بعض القصيبات عبر التجويف الخلـــوى وتربط هذه الجدران ببعضها • وتنتظم القصيبات التى تحتوى على هذه

الزوائد في صفوف قطرية . كما قد تشاهد تغلظات حلزونية Spiral thickenings على الاسطح الداخلية للقصيبات المنقرة وذلك في بعض عاريات البذور . وقد توجد برانكيما محورية في خشب بعض المخروطيات Coniferales تنتظم بشكل

اشرطة موزعة بانتظام داخل الخشـــب الثانوي • الا أن هنـــاك بعض

المخروطيـــات لاتحتوي عـــلى برنكـــيما محوريـــة ، وفي نبـــات الصنوبر

توجد هذه الخلايا مقترنة فقط بالقنوات الراتنجية • اما الاشعة فقـــد

تكون مقتصرة عـلى خـلايـا برانكيميـة وتسمـى اشعـة متجـانسة الخـلايـا

Homocellular rays او تتكون من خلايا برنكيمية وقصيبات وحينئذ تسمى باشعة متباينة الخلايا Heterocellular rays . وتتميز القصيبـــة

الشعاعية Ray traeheid عن الخلية البرانكيمية الشعاعيه Ray Perenchyma اساساً بوجود النقر المضفوفة في القصيبة وكذلك خلوها من البروتوبلاست . أما البرانكيما الشعاعية في الخشب الرخو فتكون حاوية على بروتوبلاست ، أما في الخشب الصميمي فتحتوي على مواد راتنجية قاتمة . وقد تكون جدرانها ابتدائية كما في

بعض عاريات البذور أو ثانوية كما في البعض الآخر . اما القصيبات الشعاعية Ray traceids فجدرانها جميعها ثانوية ملگننة . وقد توجد القصيبات الشعاعية فرادى او في صفوف كما انها قد توجد على الحواف العليا او السفلى للشعاع او قد تكون مبعثرة خلال الخلايا البرنكيمية الشعاعية ٠ وفي معظـــم عاريات البذور تكون الاشــمة وحيدة الصف Uniseriate بارتفاع من ١ــ٢٠ خلية عادة ٠ واذا مرت خلال الشعاع انبوبة راتنجية فانها تخترقه مــن منتصفه حيث يصبح سمك الشعاع أكثر من خلية واحدة ٠ وحيث تلتقى القصيبات المحورية مع خلايا البرنكيما الشعاعية توجد ازواج النقر نصف المضفوفة حيث تتقابل نقرة مضفوفة Bordered pit جهة القصيبة بنقرة بسيطة Simple pit جهة الخلية البرانكيمية وتسمى منطقة التقاء القصيبة المحورية بالخلية البرانكيمية الشعاعية بالحقل المستعرض Cross field ويعتبر عدد ونوع وتوزيع النقر في هذا الحقل من المميزات الهامة في تشخيص خشب عاريات البذور

القنوات الراتنجيــة Resin Ducts

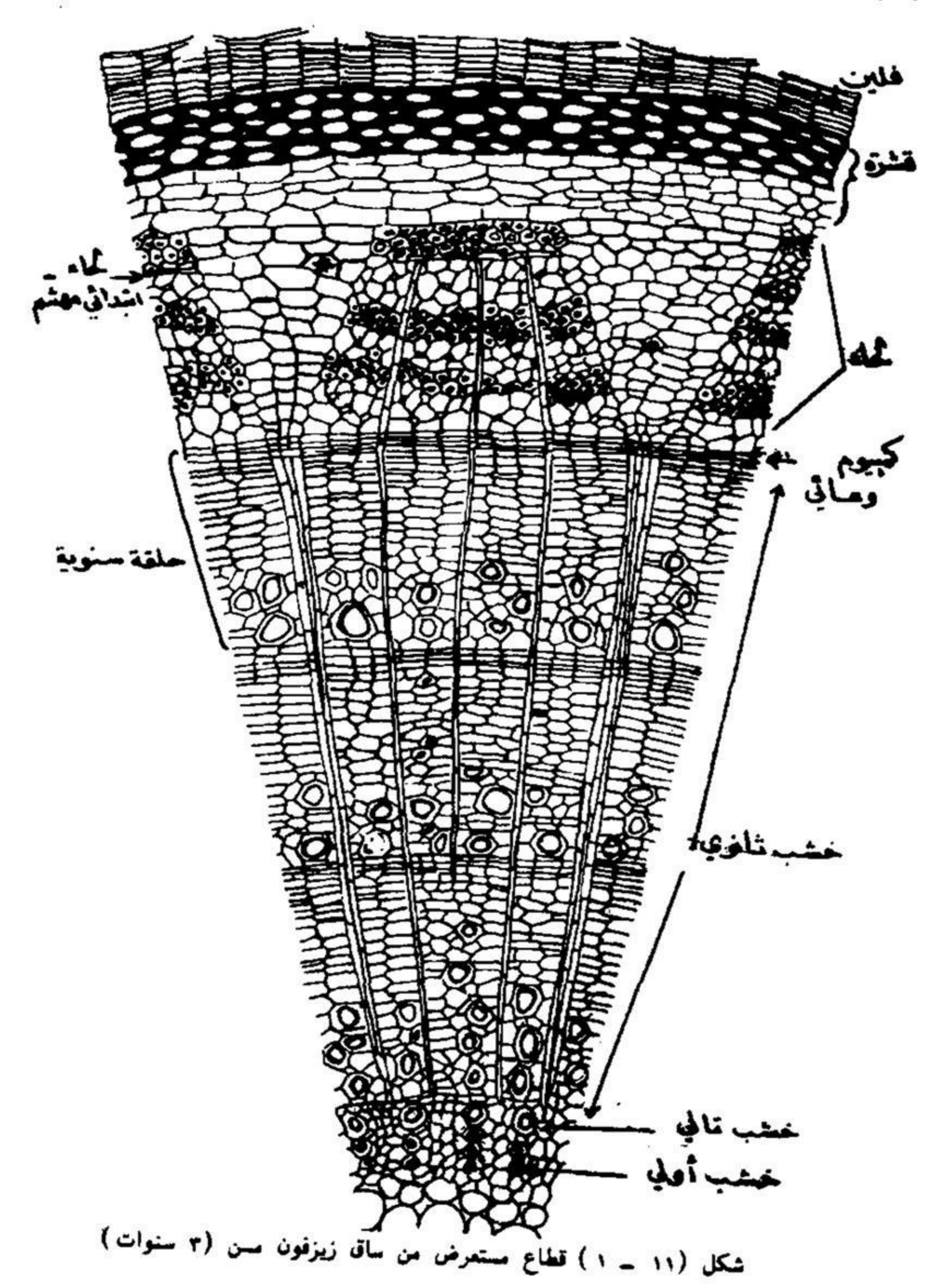
تتكون القنوات الراتنجية (أو الراتينية) في النظامين المحوري والافقي لخشب العديد من عاريات البذور وتنشأ القناة الراتنجية بالطريقة الانفصالية Schizogenously بين الخلايا البرانكيمية المنتجة للراتنج Resin والتي تكون بعد ذلك الخلايا الطلائية للقناة (شكل ٥ــ١١) ٠ وفي بعض الاحيــــان تتمدد الخلايا الطلائية داخـــل فراغ القناة الراتنجيــة مسببة انسدادها ومكونة مايسمى بأشباه التيلوزات Tylosoids . وفي بعض نباتات رتبة المخروطيات Coniferales تتغلظ جدران الخلايا الطلائية باللكنين وتموت بعـــد موسم واحد فقط تفرز فيه القليل من المواد الراتنجية كما هي الحال في التنوب Abies والأرز Cedrus . وفي بعـض المخروطيات الأخرى تظل الخلايا الطلائية حية لعدة سنوات قبل ان تتغلظ جدرانها وتموت وفي هذه الحالة تفرز هذه الخلايا كميات كبيرة من المواد الراتنجية كما هي الحال

في أنواع كثيرة من جنس الصنوبر Pinus . وتتكون القنوات الراتنجية في الخشب الثانوي للمخروطيات نتيجة لضرر من جرح أو ضغط أو صقيع كما انها قد تتكون بصورة طبيعية في بعضها مثل الصنوبر Pinus وبيسيا Picea ولاركس Larex . الا انهاقد لا تتكون اطلاقا في بعض المخروطيات كما في حالة العرعر Cupressus .

الفصل الحادي عشر
CHAPTER 11
اللحــاء الثانــوي
SECONDARY PHLOEM

تنتظم عناصر اللحاء الثانوي انتظاماً مشابهاً لانتظام عناصر الخشب الثانوي وذلك في نظامين واضحين هما النظام المحوري أو العمودى axial system والنظام القطرى أو الافقي Radial system ويستمدان من نفس الاصول الكمبيوميــة أي الاصول المغزليــة Fusiform initials والاصول الشعــاعيــة Ray initials على التوالى · ويضم النظــام المحوري للحـــاء العناصر المنخلية Sieve elements وبرنكيما اللحاء Phloem parenchyma . والياف اللحاء Phoem fibers في حين يضم النظام الافقي برنكيما اشعة اللحاء Phloem ray parenchyma · وفي كثير من اشجار ذوات الفلقتــين يمكن ملاحظة وجود حلقات نمو Growth rings في نسيج اللحاء الثانوي إلا أنها تكون اقل وضوحاً عما هي عليه في الخشب الثانوي . ويرجع ظهور حلقات النمو في اللحاء الى اختلاف الخلايا الناتجة في أول موسم النشاط عن تلك الناتجة في نهايته · فعند بدء الموسم تكون الخلايا ممتدة في الاتجاه القطرى بصورة ظاهرة في حين في نهاية الموسم تبدو الخلايا مفلطحة · وبعد مرور بضــع سنوات يتضاءل وضوح حلقات النمو نتيجة لاندثار العناصر المنخلية تدريجيا لعدم ادائها لوظيفتها وذلك بالاضافة الى التغيرات التى تطرأ على العناصر الاخرى كتضخم الخلايا البرنكيمية · وفي كثير من عاريات البذور ومغطاة البذور تتكون في اللحاء الثانوي تجمعات مماسية Tangential bands من الالياف (شكل ١١ــ١) · ونظرا لعدم انتظام هذه التجمعات من حيث

العدد مع تعاقب المواسم المختلفة لذلك لا يمكن اتخاذها دليلاً مؤكداً على عمر اللحاء .



شكل (١١ ـ ١) قطاع مستعرض من ساق زيزفون سن (٣ سنوات)

وتقوم الاصول الشعاعية في الكمبيوم بانتاج خلاياها في الاتجاهين اى

نحو اللحاء ونحو الخشب وبذلك تمتد اشعة اللحاء مقابل اشعة الخشب مكونة اشعة قطرية مستمرة وتكون اشعة اللحاء مساوية لاشعة الخشب في الحجم بالقرب من الكمبيوم الا ان في كثير من النباتات تزداد اشعة اللحاء اتساعا أما عن طريق ازدياد الخلايا ذاتها في الحجم ، أو عن طريق ازديادها في العدد نتيجة لانقسامها بانقسامات قطرية ويبدو ان هذه الظاهرة مرتبطة بالزيادة التى تحدث في محيط الساق مع استمرار التغلظ الثانوي . وقد لا يحدث هذا الاتساع في جميع الاشعة بل في بعضها فقط في حين يبقى البعض الاخر متساوى السمك خلال نسيج اللحاء . وقد يحدث ان تعزل الاجزاء الخارجية من اشعة اللحاء نتيجة لتكوين نسيج الفلين الذى يتكون بواسطة كمبيوم فليني ينشأ خلال اللحاء ويفصل عندئذ ما بين انسجة اللحاء الداخلية والانسجة الخارجية التى تتعرض للجفاف .

اللحاء الثانوي في عاريات البذور

Secondary Phloem in Gymnosperms

اللحاء الثانوي في عاريات البذور بسيط التركيب كما هى الحال بالنسبة للخشب الثانوي . فيتكون النظام المحوري أو العمودي من خلايا منخلية Sieve Cells وخلايا برانكيمية بما في ذلك الخلايا الزلالية Albuminous cells بالاضافة الى الالياف Fibers في بعض النباتات .

أما أشعة اللحاء Phloem rays فتكون عادة وحيدة الصف Uniseriate وتتكون عادة من خلايا برانكيمية فقط إلا أنها قد تضم احياناً خلايا زلالية Albuminous cells . وتحتفظ عناصر اللحاء بانتظامها القطري حتى

في المناطق الناضجة وذلك لانها لا تعاني تغيرا كبيرا في شكلها اثنـــــاء تميزها • وتنتظم الخلايا المنخلية بحيث تتراكب نهاياتها ، وحيث يحدث

التراكب تزداد الباحات المنخلية Sieve areas في العدد عن أي مكان آخر من الخلية المنخلية وتتواجد الباحات المنخلية عادة على الجدران القطرية Radial Walls فقط . وتختزن الخلايا البرانكيمية المحورية Axial parenchyma النشا في بعض فصول السنة . كما أن الكثير من هذه الخلايا قد يحتوي على مواد راتنجية Resinous أو دبـــــاغيـــــة Tannif crous أو بلورات Cr tal~s . وفي العـــائلـــة الصنوبريـــة Pinaceae تنتظم خـــلايـــا برانكـــيما اللحـــاء

في صورة اشرطة مماسية دون ان يوجد بينها ألياف الا ان الخلايا المنخلية ذاتها قد تكون سميكة الجدران • وتنتظم عناصر اللحاء في نباتات اخرى على هيئة مجموعات من برنكيما لحاء وخلايا منخلية متبادلة مع اشـرطة

من الالياف . وقد توجد قنوات راتنجية (أو اتينية) في اللحاء الثانوي لبعض المخروطيات Coniferales . وقد ينتج في بعض الحالات عن وجود هذه القنوات

ظهور افرازات على سطح الشجرة كما يحدث في حالة التنوب البلســـمي Abies balsamea والذى ينتج المادة الراتنجية المعروفة باسم بلســـم

كندا والذي يستخدم في التحضيرات المجهرية نظراً لأن معامله الانكساري مساو تقريباً لمعامل انكسار الزجاج بالاضافة الى كونه شفافاً .

اللحاء الثانوي لمغطاة البذور Secondary Phloem of Angiosperms

اللحاء الثانوي في مغطاة البذور ـ على عكس عاريات البذور ـ يكون معقد التركيب نسبيا فبالرغم من انه ينتظم ايضا في نظامين الا انه يحتوى على عدد اكبر من العناصر اللحائية فالنظام المحورى يضم وحدات الانابيب

المنخلية Sieve tube members والخلايا المرافقة Companion Cells وبعض الخلايا البرانكيمية المحورية والي .. Axial parenchyme والياف اللحاء fbers Phlaem ، في حين يتكون النظام الافقي أو القطري من اشعة مختلفة الاحجام

مابين وحيدة الصف Uniseriate الى عديدة الصفوف Multiseriate إلا أنها تحتوي على خلايا برانكيمية فقط .
وبالاضافة الى ذلك فقد يضم النظامان خلايا متصلبة وتراكيب افرازية أو انقراضية Lyseginous secretory structures أو تراكيب حليبية Laticifers وغير ذلك .

والعديد من الخلايا البرنكيمية قد تحتوى على بلورات وقد تنقسم هذه الخلايا ليحتوى كل قسم منها على بلورة وحيدة ، هذه البلورات قد توجد ايضا في الاشعة او حتى في ألياف اللحاء ٠

وتنتظم ألياف اللحاء الثانوي في النباتات المختلفة بطرق مختلفة ٠ ففي بعض النباتات تؤلف الالياف الجزء الاكبر من اللحاء وتنتشر بقية عناصره فيما بين هذه الالياف ، وفي نباتات اخرى كالعنب Vitis مثلا توجد الالياف على هيئة اشرطة مماسية تتبادل مع مجموعات من العناصر الاخرى اي العناصر المنخلية والخلايا المرافقة وبرنكيما اللحاء ٠ وفي بعض الحالات كما في التبغ Nicotiana يوجد القليل من الاليـاف منتشرة بين بقية عناصر اللحاء ٠ الا ان هناك نباتات لا يحتوى لحاؤها على ألياف مثل الزراوند Aristolochia .

أما الخلايا المتصلبة Sclereids فقد توجد في اللحاء الفعال وغير الفعال وهذه الخلايا تنشأ من الخلايا البرانكيمية عن طريق اعادة التمييز Redifferentiation. وقد توجد السكلريدات وحدها أو مختلطة مع الالياف إلا أن الشائع أن توجد الالياف بكثرة في اللحاء الوظيفي في حين توجد السكلريدات باللحاء غير الفعال عن طريق تحول بعض خلاياه البرانكيمية . وفي بعض النباتات مثل جنس المشمش Prunus لا توجد خلايا سكلرنكيمية في اللحاء العامل اما في اللحاء غير الفعال فتوجد الالياف والسكلريدات معا ٠ وقد يحدث تصلب sclerification في بعض خلايا برنكيما اشعة اللحاء وخصوصا في مناطق الالياف كما هي الحال في نبات الحور أو الغرب Populus .

ويختلف انتظام الانابيب المنخلية **Sieve tubes** مع برانكيا اللحاء في النباتات المختلفة ففي بعض النباتات مثل روبينيا **Robinia** والزراوند **Aristolochia** تكون الانابيبَ المنخلية منتظمة في مجموعات تتبادل مع مجمعات البرانكيا في حين تنتظم الانابيب المنخلبة في صفوف قطريه في جنس المشمش (Apricot) **Prunus armeniaca** .

الفصل الثاني عشر
CHAPTER 12
البشرة المحيطة
THE PERIDERM

تنشأ البشرة المحيطة كطبقة واقية لتحل محل البشرة في السيقان والجذور التي تمر بمرحلة التغلظ الثانوي والذي ينتج عنه تدريجياً تمزق نسيج البشرة عادة . فقبل أن تتعرض الطبقات الداخيلة للجفاف تتكون طبقة قادرة على التجدد المستمر مع استمرار زيادة العضو في السمك ولذك فالبشرة المحيطة تتكون أيضاً في حالات اخرى تتعرض لها الانسجة الداخلية للعوامل الخارجية مثال ذلك سقوط الاوراق والفروع وكذلك عند حدوث جروح سواء كانت هذه الجروح ناتجة عن تأثيرات ميكانيكية خارجية او بفعل الحشرات أو أى طفيليات اخرى .

وتتميز البشرة المحيطة P&eriolerm عن البشرة Epidermis في كون البشرة المحيطة تمثل النظام النسيجي الضام الثانوي Seconde_ary dermal system tissue في حين تمثل البشرة نظاماً نسيجياً ضاماً ابتدائياً tissue system Primery alermal ، كما أن البشرة المحيطة تكون مؤلفة من عدد من الطبقات المتباينة ، حيث تكون الوسطى منها – وهي طبقة الكمبيوم الفلي لى‌نى ambiu Cork – مرستيمية ، تقوم بتكوين خلايا الطبقة الخارجية (الفلين) ، والداخلية (القشرة الثانوية) (شكل ٥ – ٣) .

والكمبيوم الفليني يمثل نسيجاً مرستيمياً ثانوياً Seeondary meristem ينتج عن نشاطه تكوين الفلين نحو الخارج والقشرة الثانوية Phelloderm نحو الداخل . ويمثل الفلين نسيجاً ميتاً ذا جدران مصوبرة Suberized ، ويقوم بوظيفة وقائية . أما القشرة الثانوية فخلاياها برانكيمية حية تتألف من طبقة واحدة من الخلايا في الغالب وقد تكون متعددة أو تنعدم في حالات نادرة جداً . وينتج عن تكوين الفلين أن تنعزل الانسجة الخارجية عن الانسجة الداخلية الحية وبالتالي تتعرض للجفاف والموت . وقد تبقى الانسجة الخارجية الميته المعزولة لفترة ما ولكنها إن آجلاً أو عاجلاً تسقط على هيئة قشور سميكة أو رقيقة تسمى القلف bark

القلـــف BARK

تبقى البشرة الثانوية Periderm المتكون لأول مر ةفي بعض النباتات لعدة سنوات وتستمر في اضافة طبقات جديدة من الفلين كل عام ويَعتمد ذلك على الانقسامات المحيطة Periclinal التي تحدث في خلايا الكمبيوم الفليني الزيـــادة المستمرة في السمـــك . مثـــال ذلـــك مـــا يحـــدث في نبـــاتات بلوط الفلين Cork oak (Quercus suber) وهو المصـــدر الرئيسي للفلين التجاري · وفي هذه الحال يمكن مشاهدة حلقات سنوية بالفلين المتكون شبيهة الى حد ما بالحلقات السنوية التى تظهر بالخشـب الثانوي · ولكن في معظم النباتات الخشبية يتوقف الكمبيـوم الفليني في وقت مبكر عن الانقسام وتكوين فلين وتتحول خلاياه ذاتها الى خلايا فلين وعندئذ ينشأ كمبيوم فليني جديد من المنطقة الداخلية من القشـــرة وينشط مباشرةلتكوين طبقةبريدرم جديدة· وسرعان ماتفقد هذه الطبقة الجديدة أيضاً نشاطها وتحل محلها طبقة كمبيومية ثالثة تنشأ من طبقات اكثر عمقا داخل القشرة وتنشط لفترة تفقد بعدها نشاطها وهكذا حتى يظهر الكمبيوم الفليني اخيرا في طبقات اللحاء ذاته · ونتيجة لذلك تحرم الانسجة الخارجية من الماء والغذاء وتجف وتموت . ومـــع استمرار زيادة الساق في السمك لا تستطيع هذه الانسجة الميتة مسايرة هـــذه الزيادة فتنفصل وتسقط · وتسمى جميع الانسجة الميتة الواقعة خارج الكمبيوم الفليني الفعال، والتى تتكون من طبقات متبادلة من الفلين وخلايا القشرة واللحاء الميتة بالقلف Bark أو الريتدوم Rhytidome · واحيـــانا تستعمل كلمة قلف استعمالا غير علمي حين تطلق في الصناعة على كـــل الانسجة التى تسقط عند تقشير Barking الشجرة وعند ذلك يتضمن القلف جميع الانسجة التى تنتزع بهذه الطريقة والتى تضم كل ما يقع خارج الكمبيوم

الوعائي حيث يحدث الانفصال بين اسطوانة الخشب Xylem Cylinder والانسجة الخارجية .

القلف الحلقي والقلف الحرشفي Ring Bark and Scaly Bark

عندما تفقد طبقة الكمبيوم الفليني الاولى حيويتها وتتكون بدلا منها طبقة تلو الاخرى فان الطبقات المتتالية من الكمبيوم الفليني قد تتكون على هيئة اسطوانات كاملة او على هيئة صفائح رأسية مستقلة · وبتوالى زيادة الساق في السمك يزداد التوتر على أنسجة القلف الخارجية فتنفصل وتبدأ في التساقط تدريجياً . ويتبع شكل القلف المتساقط طريقة تكوين الكمبيوم الفليني فاذا كان تكوينها على هيئة طبقات اسطوانية تساقط القلف بشكل حلقات كاملة ويعرف حينئذ باسم القلف الحلقي ring bark ومن امثلته قلف شجر التامول Betula والعنب Vitis . اما اذا كان تكوينها نتيجة صفائح كمبيومية متجاورة ومتراكبة فان القلف في هذه الحالة وهى الاكثر شيوعا يتساقط على هيئة قشور او حراشيف ويسمى القلف الحرشفي scaly bark ومن امثلته قلف شجر الصنوبر Pinus والبلوط Quercus suber والكافور Eucalyptus .

الفلين التجاري Commercial Cork

يعتبر البلوط الفليني Cork oak (Quercus suber) المصدر الرئيسى للفلين التجاري · وفي هذه الاشجار ينشأ اول كمبيوم فليني من البشرة وهذا الكمبيوم يستطيع ان يستمر في نشاطه مدى الحياة · لكن الفلين الناتج لا يصلح استغلاله تجاريا ولذلك فان الفلين المتكون حتى سن العشرين والذى يسمى الفلين البكر Virgin cork ينزع من الاشجار ولا يعتبر ذا قيمة تجارية · وينشأ الكمبيوم الفليني بعد ذلك من القشرة

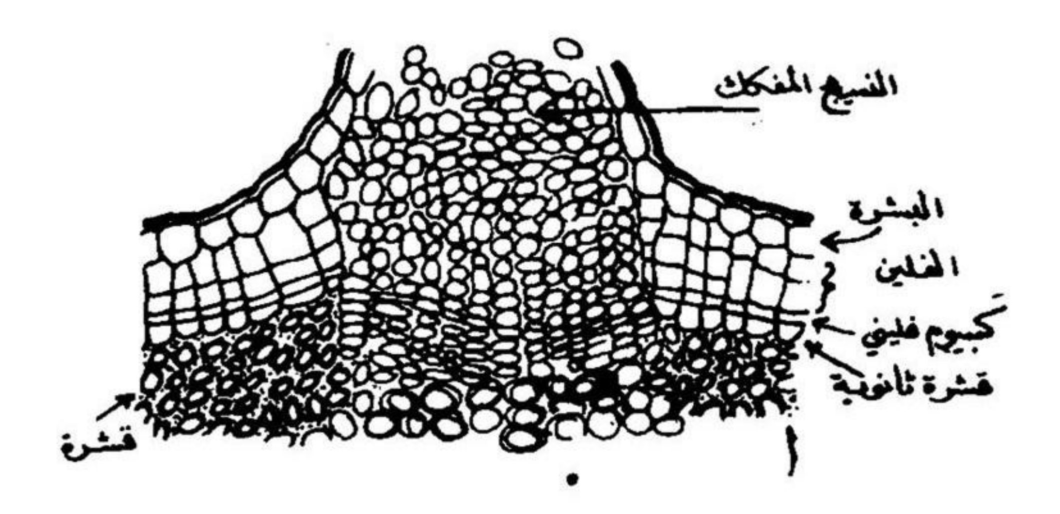
وهذه الطبقة الجديدة تقوم بتكوين فلين جيد النـــوع ينزع على فترات تتراوح مابين ٨ـ١٢ عاما ويمكن استغلال الشجرة الواحدة لمدة ١٥٠ عاما أو اكثر · وتعزى قيمة الفلين التجارية الى عدم نفاديته وخفته وقابليته للضغط والانثناء ·

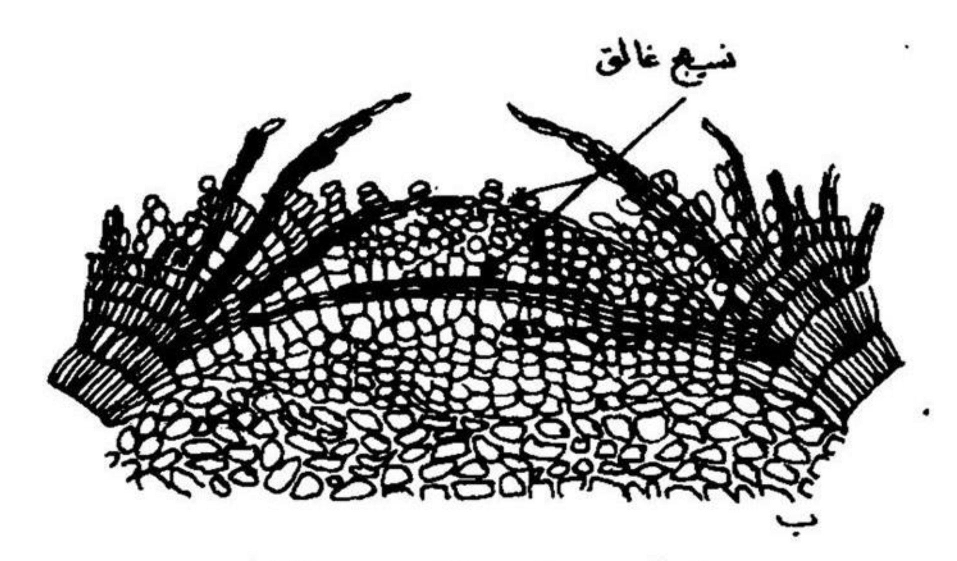
العديســـــات Lenticels

تتكون العديسات عادة مع تكوين البريدرم لكي تحل محل الثغور Stometa وتقوم بوظائفها ، اذ أن وجود طبقة الفليني Cork المحيطة بالساق أو الجذور تمنع تبادل الغازات بين الهواء الجوى والانسجة الداخلية · ولما كان هـــذا التبادل أساسيا بالنسبة للكثير من الوظائف الحيوية لذلك كان لابد من وجود منافذ كالمديسات تخترق طبقة الفلين وتسمح بالتباد الغازى ·

وتوجد المديسات على السيقان كما توجد على الجذور ·· ويندر ان تتكون المديسات في بعض السيقان كما هى الحـــال في العنب Vitis والتكوما Tecoma . ويختلف حجم العديسة بين تلك التي لاترى بالعين المجردة والكبيرة التي قد تصل الى ١سم أو اكثر في الطول . كما أنها قد تكون عمودية أو افقية اي طولية أو مستعرضة وذلك تبعا لنوع النبات ·

وتبدأ المديسات في الظهور تحت الثغور غالبا (شكل ١٢ـ١ أ) وذلك قبل تكوين البشرة المحيطة مباشرة . إذ تنشط الخلايا التي تحت الثغر وتتحول الى خـلايـا مرستيميـة تنقسم في جميع الاتجـاهـات لتكون كتلـة من الخـلايـا يظهـر في الجـزء الداخلي منها شريط من الكمبيوم . الفليني cambiumbium or Phellogem تنقسم خلاياه انقسامات محيطية Periclinal لتعطـــى للخـــارج نسيجـــاً مفككـــاً يسمـــى Complementary tissue (شكل١٢ ـ١ ب) وتكون خلاياه حية رقيقة الجدران غير مسوبرة وغير متماسكة كما انهـــا تستـــدير تـــدريجيـــاً بحيـــث زصرفـــيابينهـــا مسافـــات بينيـــة واسعـــه ســـمـــح بتبـــادل الغـــازات Gas exehange بـــين الهواء





شكل (١٢-١) تكوين العديسات وتركيب اجزائها.
أ- عديسة حديثة من ساق نبات البيلسان
ب- عديسة قديمة من ساق احد انواع جنس المشمش Prunus

الخارجي والانسجة الداخلية • وتختلف درجة تفكك ذلك النسيج من نبات الى نبات • ففي بعض النباتات يتكون من خلايا مفككة تماما تحصر فيما بينها فراغات واسعة تجعل العديسة اسفنجية الشكل • وفي بعض النباتات الاخرى تكون الخلايا متماسكة الى حدما والمسافات البينية ضيقة نسبيا وتظهر العديسة في هذه الحالات اكثر تماسكا • وباستمرار تكوين النسيج

المفكك يحدث ضغط على طبقة البشرة في منطقة الثغر غالبا فيسبب تمزقها٠ ويصبح التبادل الغازي بين الجو الخارجي والانسجة الداخلية عن طريق النسيج المفكك٠ وعند بدء فصل الخمول يقـــوم الكمبيوم الفليني في العديسة بتكوين نسيج اخر جهة الخارج مكون من طبقة واحدة او طبقتين من خلايا مسوبرة متماسكة يغلق بها العديسة ويسمى النسيج المتكـــون النسيج الغالق Closing tissue . وهذا النسيج يقوم بحفظ انســجة النبات الداخلية في فترة الخمول من النتــح الشديد أو تأثير العوامـــل الخارجية ٠ وعند بدء فصل الربيع أي فصل النشاط يقوم الكمبيـــــوم الفليني ثانية بتكوين نسيج مفكك من عدة طبقات وتكون خلاياه متراصة مع خلايا الكمبيوم الفليني في صفوف قطرية Radial rows وبتوالي تكوينها تضغط على خـلايـا النسـيج الغـالـق فتمزقـه وتنفتـح العديسة لتستـأنـف وظيفتهـا في السماح بتبادل الغازات ٠ وبتعاقب فصول الخمول والنشاط تصبـح العديسة مكونة من طبقات متعاقبة من نسيج مفكك ونسيج غالق متمزق وقد يصبح من الممكن بواسطة عد هذه الطبقات تكوين فكرة تقريبية عن عمر النبات ٠

ويلاحظ ان الكمبيوم الفليني الذى يكون العديسة ينشأ في بادىء الامر تحت الثغر Stoma أما بعد اشن تتكون طبقة البريدرم وتتمزق البشرة فإن العديسات تظهر بعد ذلك في أي مكان وذلك بان تتخصص بعض اجزاء طبقة الكمبيوم الفليني في تكوين العديسات، فتعطى للخارج نسيجا مفككا او نسيجاً غالقاً تبعاً للموسم ، وقشرة ثانوية Phelloderm للداخل ، بينما في نفس الوقت تعطى بقية الطبقة الكمبيومية فلينا الى الخارج وخلايا فلودرم الى الداخل تستمر مع خلايا الفلودرم ابواقعة تحت الثغر أو تحت العديسة .

فلــين الجــروح Wound Cork

يتكون فلين الجروح في الاماكن التى تتعرض فيها الاتسجة الحيـــة للعوامل الخارجية نتيجة لجرح · وهو لا يختلف أساسا عن الفلين العادى من حيث طريقة تكوينه انما من حيث ارتباط تكوينه بحدوث الجرح من ناحية وتحدده بمنطقة الجرح فقط · ويحـدث عادة أن تنفصل الخلايا الحية الداخلية عن الخلايا الخارجية المتضررة بواسطة تكوين طبقة مـن الخلايا المسوبرة Suberized Cells . وبالاضافة الى هذه الطبقة المسوبرة قد تتكون طبقة بشرة محيطة بالطريقة العادية وذلك عن طريق كمبيوم فليني يتكون خلال الخلايا السلطيمة الواقعة تحت الجزح مباشرة . وتقوم طبقة البريدرم المتكونة بحماية منطقة الجرح ليس فقط ضد التعرض للجفاف نتيجـــة فقدان الماء خلاله وانما ايضاً ضد هجوم الفطريات والبكتريا وغيرها من الافات الضارة .

ويحتمل تكوين فلين الجروح في أي مكان على سطح النبات يصاب بجروح سواء كان في الساق أو الجذر أو الورقة أو الثمرة ، الا أنه يختلف من حيث سرعة تكوينه وكميته باختلاف الاماكن والظروف الخارجية كما يختلف باختلاف نوع النبات · فيتكون على سبيل المثال في النباتات الخشبية بدرجة أسهل من النباتات العشبية وفي ذوات الفلقتين عنه في ذوات الفلقة الواحدة كما أن انخفاض درجة الحرارة او درجة الرطوبة يعيق تكوين فلين الجروح حتى في الاماكن التي يتكون فيها بسهولة عادة .

النسيج الواقي في ذوات الفلقة الواحدة

في بعض ذوات الفلقة الواحدة Monocolyledons يتكون نوع من البشرة المحيطة لايمكن تمييزه عن ذلك الذي يتكون بصفة عادية في ذوات الفلقتين Dicotyledons كما في حالة نبات (دراسينا) Dracaena والصبار Aloe ويوكا Yucca . إلا أن معظم ذوات الفلقة الواحدة تكون نوعا من النسيج الواقي بطريقة خاصة تختلف عن طريقة تكوين البشرة المحيطة العادية اذ تنقسم خلايا القشرة البرنكيمية بالتتابع من الخارج الى الداخل بانقسامات موازية للسطح

Periclinal لتكون نسيجاً تنتظم فيه الخلايا في صفوف قطرية لا تلبث أن تتسوبر بعد ذلك مكونة مايسمى بالفلين المصفف أو المنضد Storied cork وتتراوح عدد الطبقات المتكونة في كل مرة مابين ٣ ـ ٨ طبقات . ويختلف النسيج المرستيمي المتكون بهذه الطريقة عن الكمبيوم الفليني الذي يتكون في حالة البريدرم العادي في أنه لايكون حلقات منتظمة انما اشرطة مماسية او محيطية غير مرتبة تضم فيما بينها خلايا كبيرة غير منقسمة لكنها مسوبرة كذلك . وقد تتصل هذه الاشرطة من الفلين المصفف قطرياً ومماسياً ببعضها وتحصر فيما بينها مجموعات من الخلايا المسوبرة وتتبادل معها محاكيةً في ذلك الى حد ما الريتدوم Rhytidome الحقيقي الذي تتميز به ذوات الفلقتين .

انفصال الورقة Leaf Abscission

في معظم السرخسيات Pteridophytes وفي النباتات العشبية من مغطاة البذور Herbaceous angiosperms لاتسقط الاوراق او تنفصل بطريقة معينة انما تتحلل تدريجياً . أما في النباتات المعمرة ولاسيا الخشبية من عاريات البذور Gymnorperms ومغطاة البذور Angiosperms فإن الاوراق تسقط نتيجة تحورات تركيبية خاصة تحدث عند قاعدة الورقة قبل سقوطها وتستمر هذه التحورات من أجل صيانة الانسجة التى تتعرض للعوامل الخارجية نتيجة لذلك .

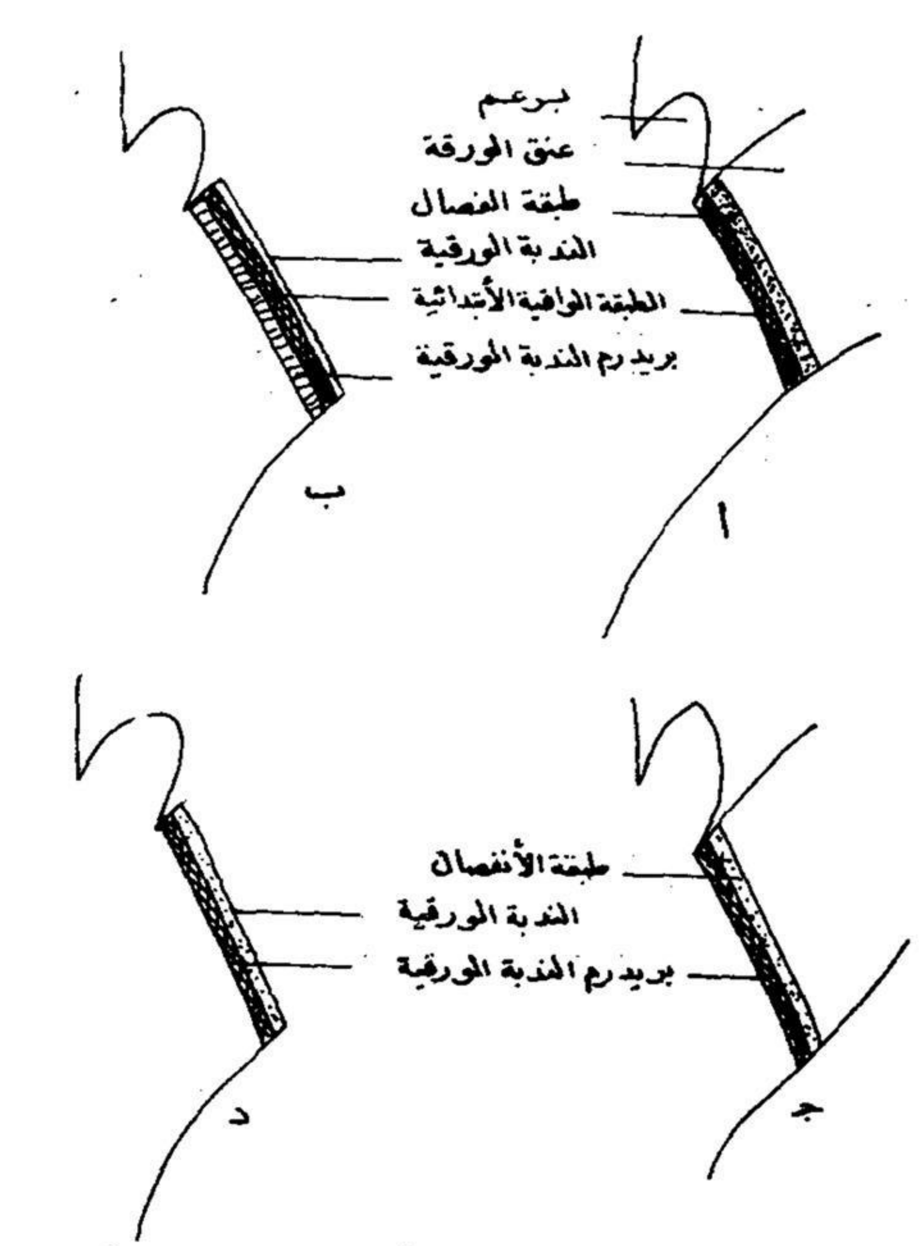
ويسمى الجزء من قاعدة الورقة الذى تحدث به التحورات بمنطقة الانفصال Separation or Abscission1 zone ويعتبر هذا الجزء مسؤولا عن انفصال الورقة او سقوطها بطريقة منتظمة • وتظهر منطقة الانفصال في بعض الاحيان واضحة الى الخارج ويمكن الاستدلال على وجودها بتخصر ضعيف في عنق الورقة يصحبه شحوب في لون البشرة • وتتكون منطقة الانفصال عادة من طبقتين الى عدة طبقات من الخلايا التى يمكن تمييزها عما يجاورها بشكلها وصغر حجمها واحتوائها على حبيبات نشوية وسايتوبلازم غزير • كما انها تختلف من حيث تأثر جدرانها بالطبقات المختلفة • وتتميز المنطقة بوجه عام بوجود القليل من الانسجة الدعامية او انعدامها بالاضافة الى النقص في العناصر الوعائية كما يمكن

الدعامية Supporting Tissues او انعدامها بالاضافة الى النقص في العناصر الوعائية كما يمكن مشاهدة بعض الانقسامات الخلوية خلالها . وقبل سقوط الورقة بوقت قصير تنتفخ الصفيحة الوسطى Middle lamella وتذوب واحيانا تذوب الطبقات الخارجية من جدران خلايا منطقة الانفصال البرنكيمية بما في ذلك برنكيما الخشب واللحاء وتنفصل الخلايا تدريجيا عن بعضها تاركة فقط العناصر الوعائية الرئيسية لتصبح العماد الوحيد للورقة . وهذه قد لا تستطيع حمل الورقة وحفظها بمكانها فتسقط . وفي بعض الحالات يحدث سقوط الورقة بفعل حركة الرياح او بسقوط الماء عليها .

اما صيانة الانسجة التى تتعرض للهواء بعد سقوط الوزقة سواء ضد الجفاف أو الاصابة فيتوفر عن طريق تكوين طبقة واقية (شكل ١٢ـ٢)

وهناك نوعان من الطبقات الواقية · نوع ابتدائي المنشأ ويسمى الطبقة الواقية الابتدائية Primary protective layer ونوع اخر ثانوي المنشأ ويسمى الطبقة الواقية الثانوية Secondary protective layer أو بريدرم ندبة الورقة Leaf scar periderm وقد تكون الطبقات المتكونة ابتدائية وثانوية معا أو تكون ثانوية فقط وذلك باختلاف النباتات · وتتكون الطبقة الواقية الابتدائية عن طريق تلكنن وتسوبر جدران الخلايا البرنكيمية الموجودة تحت منطقة الانفصال مباشرة او جدران الخلايا التى تنتج عنها بطريق الانقسام غير المنتظم ·

اما تكوين الطبقة الواقية الثانوية فيحدث في معظم الاحيان قبيل سقوط الورقة بحيث تكون الانسجة التى تتعرض للخارج محفوظة عند سقوط الورقة · كما يصبح بريدرم ندبة الورقة بعد تكوينه مستمرا مع بريدرم الفرع أو الساق · وفي نفس الوقت يحدث انسداد للعناصر الوعائية المكشوفة بواسطة تكوين الصمغ واكياس التيلوزات Tyloses التي سبقت الاشارة اليها في الفصل العاشر الخاص بالخشب الثانوي .



شكل (٩-٢) :- انفصال الورقة : قطاعات طولية في أعناق الأوراق تبين
أ ، ب - تكوين طبقة واقية ابتدائية وطبقة بريدرم ، ثانوية كما في التامول
جـ ، د - تكوين طبقة بريدرم ثانوية فقط كما في المحور

الفصل الثالث عشر
CHAPTER 13
التغلظ الثانوي في السيقان والجذور
SECONDARY THICKENING IN STEME AND ROOTS

يتضمن هذا الفصل تتبع التغلظ الثانوي في سيقان وجذور النباتات الوعائية الراقية Higher Naseular plants وبصفة خاصة ذوات الفلقتين Dicots كما يتضمن تلك الحالات التي تنحرف عن النمو النموذجي المألوف في الاعضاء النباتية .

التغلظ الثانوي في السيقان Secondary Thickening in Stems

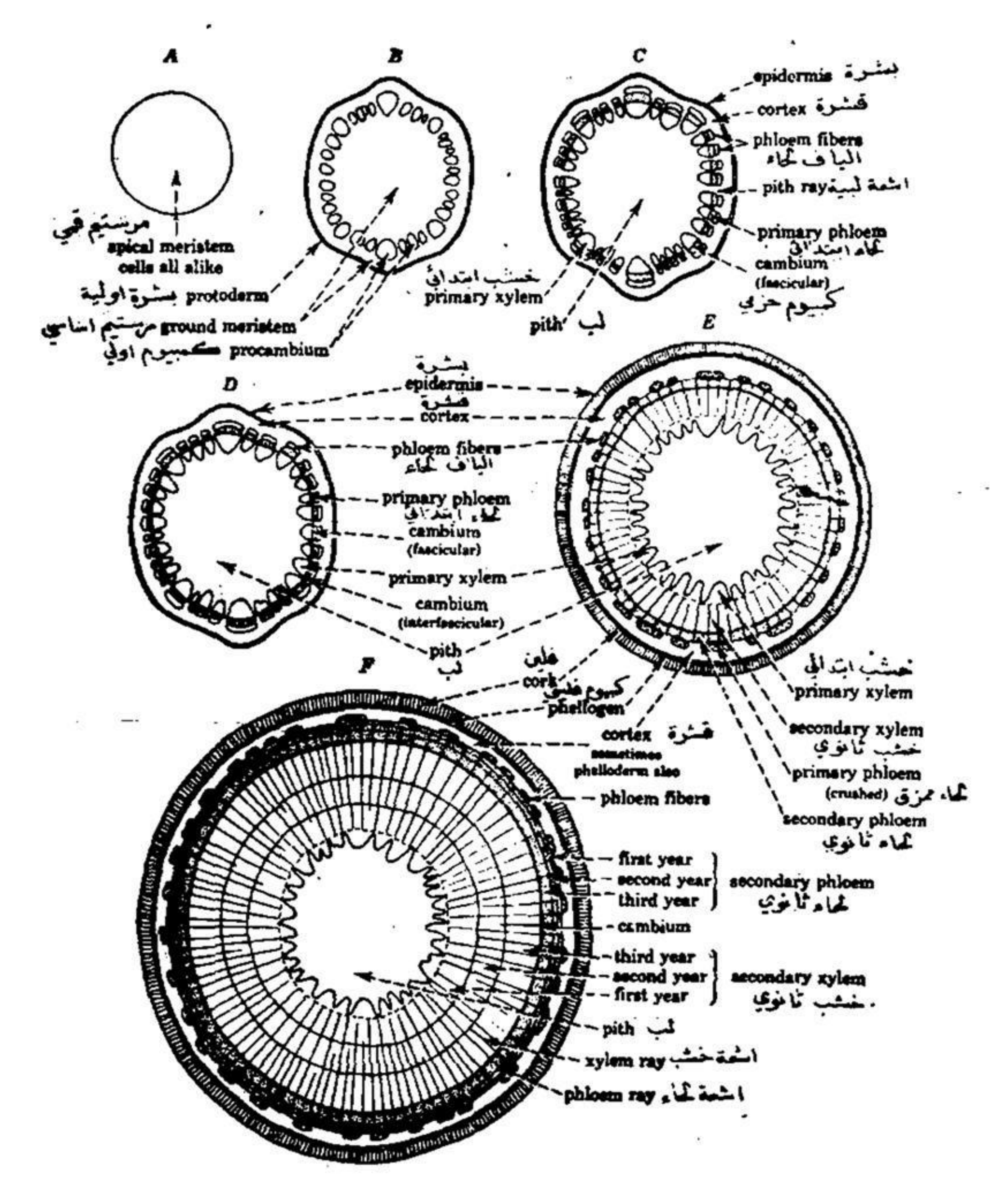
في السيقان التي يحدث بها تغلظ ثانوي عادي Ordinary secondary Thickening يتميز شريط الكمبيوم الاولى Proeambial strand وهو يتجه من قمة الساق الى القاعدة تدريجيا الى ثلاثة اقسام ، القسم الخارجي ويتضح فيه نسيج اللحاء الابتدائي والقسم الداخلي يتبين فيه نسيج الخشب والقسم الاوسط وهو الكمبيوم الاولى Procambtu الذي يظل مرستيميا ، ولكنه لايمارس نشاطه الانقسامي الا عند بدء التغلظ الثانوي ، حيث يتحول عادة الى الكمبيوم الحزمي Faseicular cambium .

وعندما يبدأ التغلظ الثانوي تنقسم خلايا الكمبيوم الوعائي انقسامات مماسية موازية للسطح وينتج عن كل خلية كمبيومية خليتان متشابهتان ظاهريا تتميز احداهما الى خلية من خلايا الخشب أو من خلايا اللحاء وتظل الاخرى مرستيمية بحيث يكون الخشب الثانوي باستمرار الى الداخل واللحاء الثانوي الى الخارج . وبتوالي الانقسام تضاف خلايا جديدة الى الخشب وهذه تتميز بعد ذلك الى عناصر الخشب الثانوي secondary xylem كما تضاف خلايا جديدة الى اللحاء وهذه بدورها تتميز الى عناصر اللحاء الثانوي secondary phloem . ويحدث في بعض المناطق حيث توجد أصول الكمبيوم الشعاعية Ray initials ان تنقسم هذه الاصول لتعطي خلايا مستطيلة في الاتجاه القطري وهذه تكون اشعة اللحاء Phloem rays جهة الخارج واشعة الخشب Xylem rays جهة الداخل .

وفي بعض النباتات يظهر الكمبيوم داخل الحزم الوعائية فقط ويتخذ شكل أشرطة منفصلة ، وبناء على ذلك يقتصر التغلظ الثانوي على النشاط الكمبيومي داخل الحزم الوعائية ويكون حينئذ محدودا الى درجة كبيرة وذلك مايحدث في بعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين مثل الشقيق Ranunculus • أما في النباتات الاخرى والتى يتقدم فيها التغلظ الثانوي الى مدى بعيد كما هى الحال في النباتات المعمرة (شكل ١٣ـ١) وفي كثير من النباتات العشبية فتظهر اشرطة من الكمبيوم بين الحزم الوعائية من الخلايا البرنكيمية المكونة للاشعة النخاعية وتتصل هذه الاشرطة فيما بعد بالاشرطة الكمبيومية الموجودة داخل الحزم بحيث تتكون بذلك حلقة كاملة من الكمبيوم • ويسمى الكمبيوم الموجود داخل الحزم بالكمبيوم الحزمي Fascicular cambium : أما الكمبيوم الجديد والذى يظهر بين الحزم فيسمى بالكمبيوم مابين الحزم Interfascicular cambium وعندما تكتمل حلقة الكمبيوم تنقسم بنشاط لتعطى عناصر خشب للداخل وعناصر لحاء للخارج كما تعطى في نفس الوقت أشعة برنكيمية • وتسمى الاشعة النخاعية الموجودة أصلا بالساق بالاشعة النخاعية الابتدائية Primary medullary rays وتسمى الاشعة التى تتكون بعد ذلك بالاشعة الثانوية Secondary rays . فاذا تكونت داخل الخشب سميت باشعة الخشب الثانوي Secondary phloem rays واذا تكونت داخل اللحاء سميت باشعة اللحاء الثانوي Secondary xylem rays .

وعلى أساس انتظام الحزم الوعائية في الساق الابتدائية ونشاط حلقة الكمبيوم بعد ذلك امكن تميز عدة انواع من التغلظ الثانوي اهمها مايأتي : ـ

١ ـ في هذا النوع تنتظم الحزم الوعائية أصلا في حلقة من الاشرطة المنفصلة ويقوم الكمبيوم بين الحزمي بتكوين أشعة برنكيمية



شكل (١٣-١) مراحل النمو الثانوى في ساق البيلسان
(من ذوات الفلقتين)

فقط . ولذلك تظهر الانسجة الوعائية الثانوية مجزأة أيضا الى اشرطة منفصلة وذلك كما في ساق العنب **Vitis vinifera**

٢ ـ تنتظم في هذه الحالة الحزم الوعائية الابتدائية على هيئة أشرطة منفصلة ولكن تبعا لنشاط حلقة الكمبيوم تظهر الانسجة

الوعائية الثانوية على هيئة اسطوانة كاملة كما في حالة ســـاق الصفصاف Salix والمشمش Prunus

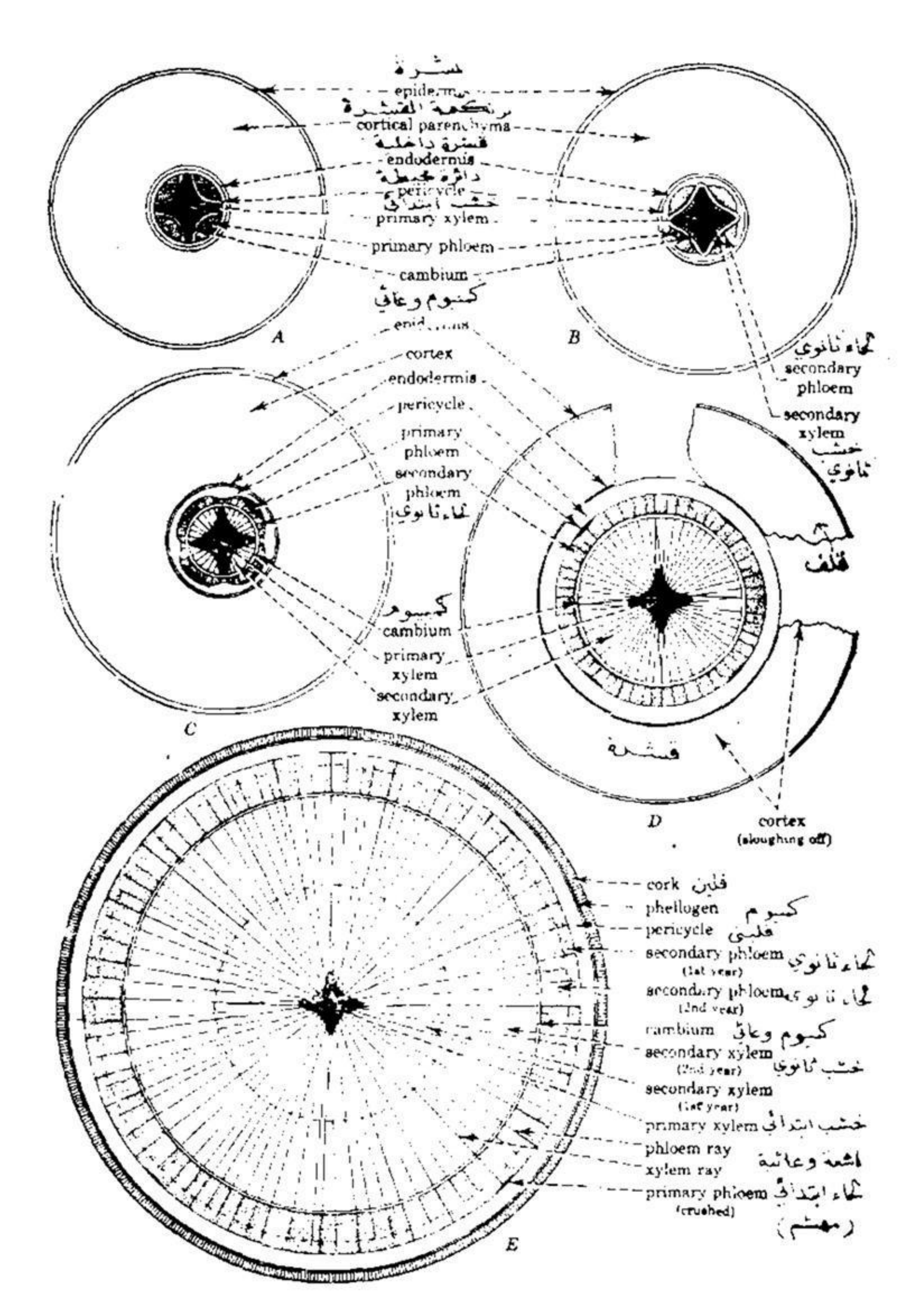
٣ ـ تظهر الحزم الوعائية الابتدائية أصلا متلاصقة الى حد كبـــير وعندما يتم التغلظ الثانوي تتخذ الانسجة الوعائية الثانويـــة هيئة اسطوانة كاملة ٠ كما في حالة ساق الزيزفون Tilia وساق Vinca عين البزون Vinca:

التغلظ الثانوي في الجذر Secondary Thickening in Roots

يحدث التغلظ الثانوي في الجذر في نفس الوقت الذى يجرى حدوثه في الساق وذلك لان حاجة النبات الى كفاءة متزايدة بالنسبة لنقل الماء والمواد والتدعيم لابد وان تستوفى في الساق والجذر معا . ولكن طريقة بدء التغلظ الثانوي في الجذر تختلف اختلافا كبيرا عنها في الساق . (شكل ١٣ ـ ٢) .

ففي الجذر الحديث تنتظم عناصر اللحاء على شكل أشرطة تتوزع في المنطقة الخارجية للاسطوانة الوعائية داخل الدائرة المحيطة مباشرة وتتبادل مع اذرع الخشب xyhem arms . وتتخذ عناصر الخشب اما محورا مركزيا يمتد جهة الخارج مابين اشرطة اللحاء او تتخذ شكل اشرطة منفصلة تتبادل مع اشرطة اللحاء مع وجود نخاع برانكيمي في الوسط . وفي جميع الحالات لايوجد هناك أي كامبيوم اذ يتحول شريط الكمبيوم الاولى Procambial strand عادة بصورة كلية الى عناصر مستديمة من خشب ولحاء ابتدائيين .

وعندما يبدأ التغلظ الثانوي Secondary Thickening في الظهور يظهر الكمبيوم كأشرطة الى الداخل من اشرطة اللحاء عن طريق استعادة الخلايا البرانكيمية الموجودة في هذه المناطق قدرتها على الانقسام بفقدان التميز Dedifferentiation وتحولها الى خـلايـا مرستيميـة ثـانويـة Secondary meristem . تمارس هذه الخلايا نشاطها في الانقسام لتعطي عناصر وعائية ثانوية من خشب ولحاء وتكون عناصر الخشب جهة الداخل وعناصر اللحاء جهة الخارج . وفي اثناء ذلك تستعيد خلايا الدائرة المحيطة البرنكيمية المقابلة لاذرع الخشب أيضا قدرتها على الانقسام وتتحول كذلك الى مرستيم ثانوي يتصل بعدئذ بالاشرطة



شكل (١٣-٨) مراحل النمو الثانوي في جذور ذوات الفلقتين

الكمبيومية الاخرى والمتكونة داخل اللحاء ليكون حلقة متعرجة كاملة . في بداية الامر ونظرا لان الاشرطة الكمبيومية الناشئة داخل اللحاء تكون أكثر نشاطا من تلك المتكونة من الدائرة المحيطة فإن عناصر الخشب الثانوي تدفع الى الخارج

الاجزاء من الحلقة الكمبيومية المنبعجة للداخل وينتج عن ذلك أن تنتظم الحلقة الكمبيومية بعد ذلك في اسطوانة منتظمة بصورة تدريجية بعد أن كانت متموجة . ويحدث بعد ذلك أن تنشط الاسطوانة كلها مكونة خشبا ثانويا secondary xylem الى الداخل ولحاء ثانويا Secondary phloem الى الخارج فيما عدا الاجزاء من الكمبيوم التي نشأت من الدائرة المحيطة والتي تقع مقابل الخشب الاول فإنها تكون اشعة وعائية vascular rays واسعة وبذلك يظهر في الجذر المسن نوعان من الاشعة : الاشعة الوعائية الواسعة التي تظهر مقابل الخشب الاول وتسمى الاشعة الوعائية الرئيسية Principal Vascular Rays والاشعة الوعائية التي تظهر بين الخشب واللحاء وتسمى بالاشعة الوعائية الثانوية Secondary vascular rays والتي تتميز الى اشعة خشب Xylem rays واشعة لحاء Phloem rays وكثيرا مايتكون أيضا في الجذر المسن بشرة محيطة Periderm وهذه الطبقة تنشأ غالبا من الدائرة المحيطة فيحصل Perieycle نتيجة تكوينها سقوط القشرة الخارجية باكملها ، ولكنها قد تنشأ من طبقات القشرة الداخلية في بعض النباتات .

التغلظ الثانوي غير العادي في سيقان ذوات الفلقتين
Anomalous Secondary Growth in Dicot Stems

يجرى التغلظ الثانوي في سيقان الغالبية العظمى من نباتات ذوات الفلقتين بالطريقة العادية حيث يقوم الكمبيوم الحزمي وحده او مع الكمبيوم بين الحزمي عند اكتمال تكوين حلقة كاملة باضافة خشب ثانوي ولحاء ثانوي واشعة برانكيمية بطريقة منتظمة . ولكن قد يحدث في بعض النباتات أن يتخذ التغلظ الثانوي طريقا آخر ينحرف به عن الطريق العادي (شكل ١٣ ـ ٣) وحينئذ يقال عن النمو الثانوي بأنه تغلظ ثانوي غير عادي او شاذ Anomalous secondary thickening يحدث ذلك لواحد من السببين الرئيسيين الاتيين : ـ

اولا ـ يكون الكمبيوم أصلا عاديا من حيث موقعه الا أن نشاطه اثناء التغلظ الثانوي في تكوين الخشب الثانوي واللحاء الثانوي يكون غير منتظم مما يؤدي الى تكوين الخشب واللحاء بنسب مختلفة تؤثر في طريقة انتظام هذين النسيجين الثانويين بالنسبة لبعضها البعض .

ثانيا ـ يكون الكمبيوم الاصلي غير عادي في وضعه او قد يتوقف عن نشاطه لتحل محله طبقات كمبيومية اخرى غير عادية في توزيعها وترتيبها .

ومن امثلة النباتات التي يعزى فيها التغلظ الثانوي غير العادى الى عدم انتظام نشاط الكمبيوم النباتات الاتية :ـ

١ ـ نبات Bignonia

في ساق بيجنونيا يبدأ الكمبيوم عملية التغلظ الثانوي بطريقة عادية سواء من حيث موقعه أو من حيث نشاطه الا انه بعد ذلك يختلف نشاطه من منطقة لاخرى فيعطى في بعض المناطق خشبا اكثر من لحاء ويعطى في المناطق الاخرى بالتبادل لحاء اكثر من خشب . يؤدى ذلك الى تكوين اسطوانة من الخشب متعرجة بشكل خاص كما ان الكمبيوم لا يبقى على شكل اسطوانة منتظمة (شكل ١٣ ـ ٣أ)

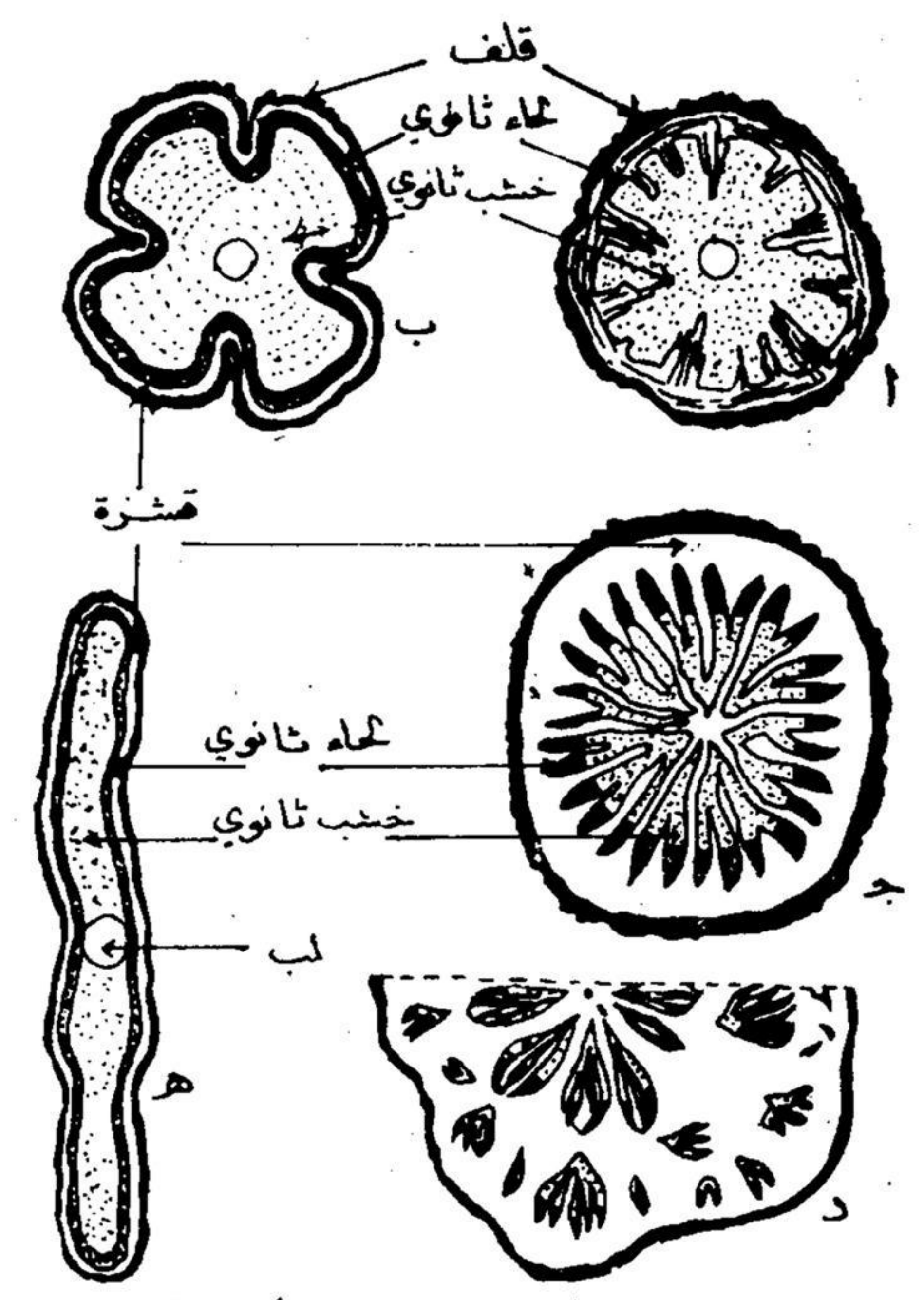
٢ ـ نبات خف الجمل Bouhinia

في ساق خف الجمل يختلف نشاط الكمبيوم من جهة الخشب واللحاء معا في بعض المناطق عن البعض الاخر . أي أن نشاطه الانقسامي يكون عاليا في بعض المناطق ومنخفضا في مناطق اخرى (شكل ١٣ـ٣ب ،هـ)

٣ ـ نبات الزراوند Aristolochia

تقوم في ساق اريستولوكيا بعض اجزاء الكمبيوم بتكوين برنكيما شعاعية فقط وكلما اتسعت دائرة الكمبيوم وتكونت اجزاء جديدة تعطى هذه الاجزاء خلايا برنكيمية وهكذا . ويؤدى هذا النشاط غير العادي الى تكوين اسطوانة وعائية ملتوية Fluted ومتعرجة Undulate في المقطع المستعرض .

ومن أمثلة النباتات التي يعزى فيها التغلظ الثانوي غير العادى الى الوضع غير العادى للكمبيوم الاصلي أو الى ظهور طبقات جديدة من



شكل (١٣ـ٣) التغلظ الثانوي الشاذ في سيقان بعض النباتات (أ) بيكونيا (ب ، هـ) نوعان من جنس بوهينيا (جـ) أريستولوكيا (د) نوع من الفلفل

الكمبيوم في مواقع غير عادية ، النباتات الآتية : ـ

١ ـ ساق الفلفل الاسود Piper nigrum

تنتظم الحزم الوعائية في هذه الساق في حلقتين تفصلها حلقة متعرجة من الالياف . وتحتوى الحزم الداخلية على بقايا من الكمبيوم اما الحزم الخارجية فتحتوى على أشرطة كمبيومية كاملة وعند حدوث التغلظ الثانوي تزداد الحزم الداخلية في الحجم الى حد محدود اما الحزم الخارجية فينشط الكمبيوم الحزمي بها ليكون انسجة وعائية ثانوية • كما يتكون بينهما كمبيوم بين حزمي يتجه نشاطه أساسا لتكوين أشعة برنكيمية كما يمكن مشاهدة طبقة قشرة داخلية بصورة متعرجة ذات اشرطة كاسبارية Casparian strips واضحة تحيط بالحزم الوعائية الخارجية (شكل١٣ـ٣د) .

٢ ـ ساق نبات ريتكوزيا Rhyncosia

وهى من السيقان الخشبية المدادة Lianes والتى تضطر الى الالتفاف حول الدعامة اثناء نموها • ولذلك فعند التغلظ الثانوي يحدث ان تزداد الساق في السمك من جهتين فقط بحيث تنبسط بعض الشيء ويسهل التفافها •

وتقوم الساق بالتغلظ اولا بطريقة عادية فتتكون اسطوانة وعائية كاملة الاستدارة في المقطع المستعرض ولكن الكمبيوم يتوقف بعد فترة عن النشاط وتظهر بعد ذلك أشرطة كمبيومية في النسيج البرنكيمي الخارجي في جهتين وتنشط لتعطى خشبا ولحاءا ثم يتوقف نشاطها ليحل محلها أشرطة اخرى وهكذا •

التغلظ الثانوي غير العادي في جذور ذوات الفلقتين

Anomalous Sesondary thickening in Dicot Roots

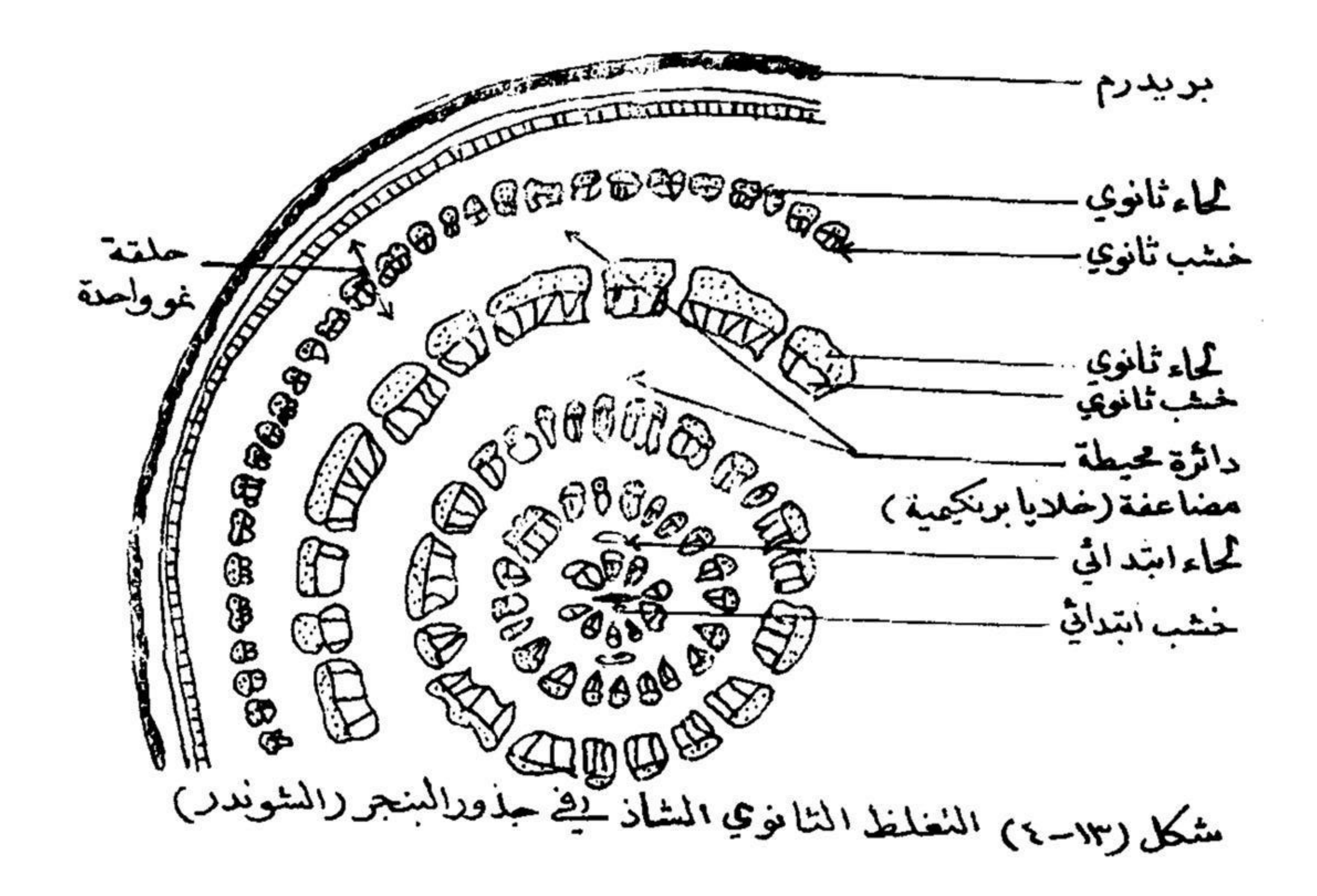
يحدث هذا التغلظ في بعض الجذور اللحمية Fleshy مثل جذر البنجر Beta vulgaris (Beet) (شكل ١٣ـ٤) • يحتوى هذا الجذر على خشب ذى ذراعين Diarch • يحدث هذا التغلظ الثانوي في بادىء الامر بالطريقة العادية ويستمر فترة يتوقف بعدها الكمبيوم عن النشاط ثم تظهر بعد ذلك أشرطة كمبيومية في منطقة الدائرة المحيطة وتزداد هذه المنطقة في الحجم نتيجة استعادة الخلايا البرنكيمية لنشاطها الانقسامي وتقوم هذه الاشرطة بتكوين خشب ولحاء على شكل حلقات من حزم وعائية منفصلة وكذلك بتكوين خلايا برنكيمية فيما بينها بكميات كبيرة . وتتوقف حلقة الكمبيوم الاولى والمتكونة نتيجة اتصال الاشرطة الكمبيومية بعد فترة عن نشاطها لتحل محلها حلقة اخرى تنتهج نفس النشاط وهكذا • وبتوالى هذه العملية يزداد الجذر كثيرا في الحجم ويتخذ شكله اللحمي •

التغلظ الثانوي في سيقان ذوات الفلقة الواحدة

Secondary thickening in Monocots

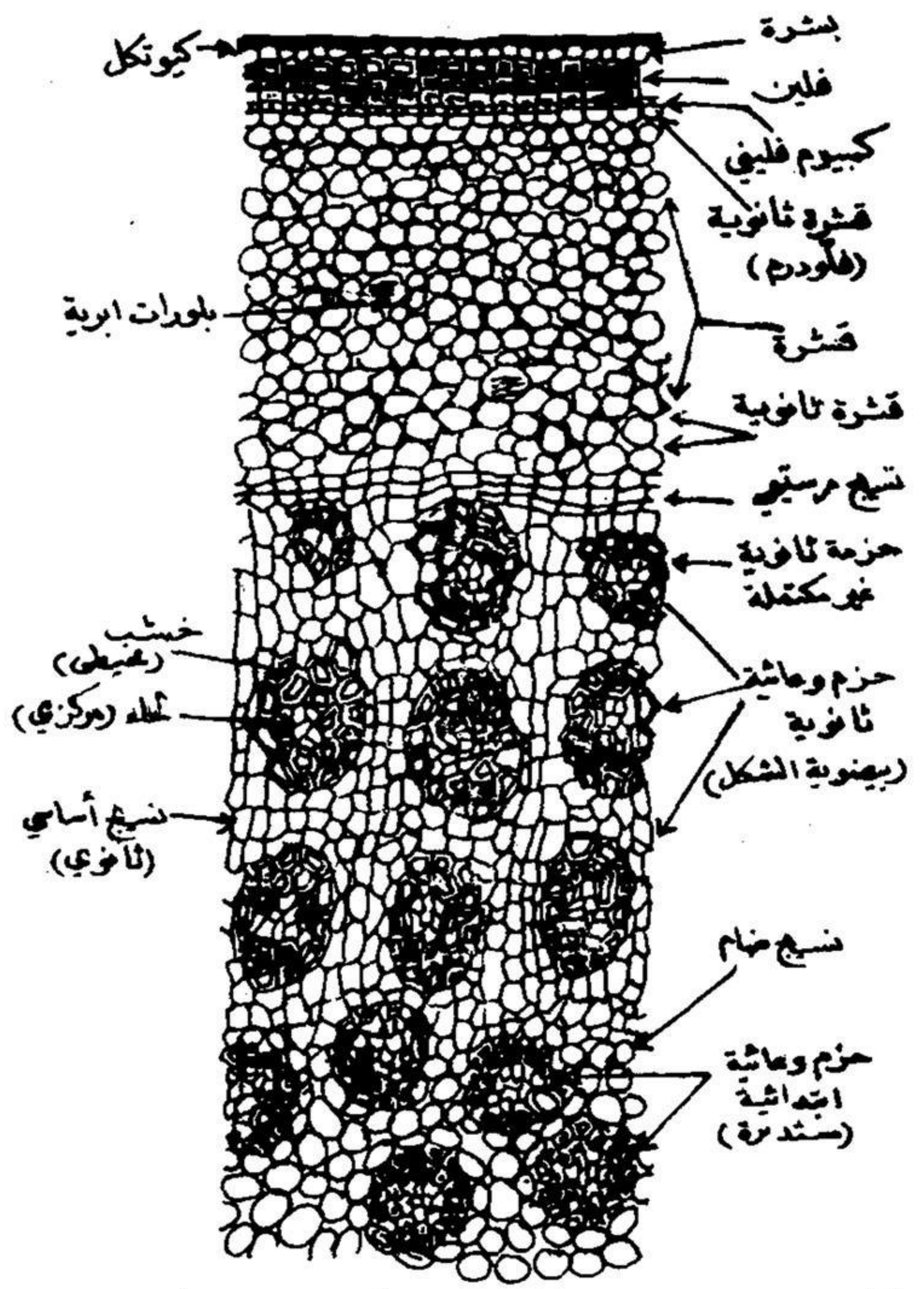
لايحدث في نباتات ذوات الفلقة الواحدة بوجة عام أي تغلظ ثانوي عادي . لكن هناك بعض النباتات الخشبية وقليل من النباتات العشبية من العائلة الزنبقية Liliaceae مثل دراسينا Dracaena (شكل ١٣ـ٥) والصبار Aloe ويوكا Yucca وآجاف Agave يحدث فيها نوع خاص من التغلظ الثانوي •

وفي نباتات دراسينا ـ على سبيل المثال ـ يكون الساق في وضعه



شكل (١٣-٤) التغلظ الثانوي الشاذ في جذور البنجر (الشوندر)

الابتدائي محتويا على حزم وعائية مغلقة Closed vaseular bundles مبعثرة داخل الاسطوانة الوعائية يحيط بها قشرة برنكيمية واسعة . هذه الحزم الوعائية تكون في بعض الانواع جانبية Collateral وفي الانواع الاخرى تكون مركزية



شكل (١٣-٥) جزء من مقطع مستعرض في ساق الدراسينا يوضح النمو في ذوات الفلقتين .

من نوع مركزية اللحاء Amphivasal أي يحيط فيها الخشب Concentric باللحاء بينما يمثل الاخير موقعا مركزيا .

اما حدوث التغلظ الثانوي فيبدأ بتكوين حلقة كمبيومية تظهر في الجزء الداخلي من القشرة ويتكون هذا الجزء أصلا من خلايا برانكيمية رقيقة الجدران متراصة الى حدما في صفوف قطرية عن طريق عملية فقد التميز Dediffer-entiation . ويختلف الكمبيوم المتكون في هذه المنطقة في طريقة نشاطه اذ لا يعطي لحاء الى الخارج وخشب الى الداخل كما هو مألوف في أي كمبيوم وعائي يمارس نشاطه بصورة طبيعية في ساق من ذوات الفلقتين ، وانما يعطي الى الداخل حزما وعائية كاملة مقفلة مركزية محاطة بغمد ليفي ومتقاربة ، كما يعطي أيضا خلايا برنكيمية تنتظم في صفوف قطرية تمتد مابين الحزم وتتغلظ جدرانها بالتدريج بمادة اللكنين . وتتركب الحزمة الوعائية الثانوية من بضعة عناصر من اللحاء تحتل مركز الحزمة يحيط بها الخشب الذي يتكون معظمه من قصيبات Traeheids .

كما تعطي حلقة الكمبيوم الى الخارج كمية محدودة من الخلايا البرنكيمية تكون طبقة ضيقة من القشرة الثانوية Phelloderm . وتبقى هذه الخلايا عادة رقيقة الجدران كما انها قد تحتوي على بلورات Crystals . وفي زانثوروويا Xanthoroea تفرز بعض هذه الخلايا مادة راتنجية بكمية وافرة مكونة مايسمى بغمد راتنجي Resin sheath جول الساق . وقد يحدث في بعض الاحيان أن تتسوبر جدران الخلايا البرنكيمية للمنطقة الخارجية من القشرة غير أنه في غالب الاحيان تتكون طبقة بريدرم كاملة عن طريق ظهور كمبيوم فليني Phellogen في هذه المنطقة بالاضافة الى تسوبر هذه الخلايا .

وقد يستمر هذا النوع من التغلظ الثانوي في بعض السيقان حتى يصل قطر الساق في بعض الاحيان الى ثلاثة امتار أو اكثر .

الباب الخامس
SECTION V
التركيب الداخلي للنبات وعلاقته بالبيئة
INTERNAL STRUCTURE OF PLANT IN RELATION TO ENVIRONMENT

يختلف التركيب الداخلي للنبات اختلافا كبيرا مع تغير البيئة وقد يصحب هذا الاختلاف تغير في الشكل الخارجي للنبات كذلك ، فالنباتات التى تعيش تحت تأثير ظروف بيئة معينة تتحور من حيث تركيبها الداخلى وشكلها الخارجي معا بحيث تستطيع التكيف لهذه الظروف والتغلب على صعوباتها • ومن العوامل البيئية المؤثرة في هذا المجال كمية الماء المتوفرة والضوء والحرارة وغيرها . الا ان الماء هو اكثر هذه العوامل تأثيرا على الاطلاق • ويطلق على النباتات التي تعيش في بيئة معتدلة من حيث توفر الماء ودرجة الحرارة ، نباتات البيئة المتوسطة أو النباتات الوسطية Mesophytes • اما النباتات التى تعيش في البيئة الصحراوية أو القاحلة والتي تتعرض الى ندرة الماء فتسمى نباتات البيئة الجافة أو نباتات الجفاف Xerophytes

اما النباتات التي تعيش في البيئة المائية سواء كانت نباتات مغمورة Submerged ام طافية Floating ام بازغة Emerged يطلق عليها مصطلح النباتات المائية Hydrophytes . واذا كانت البيئة الملائمة لنمو النباتات بيئة رطبة سميت النباتات عندئذ نباتات رطوبية أو نباتات البيئة الرطبة Hygrophytes ، في حين يطلق على النباتات القادرة على العيش في بيئات ملحية مصطلح النباتات الملحية او نباتات البيئة المالحة Halophytes .

ونظرا لكون معظم ماضمة هذا الكتاب قد تناول بصورة رئيسة النباتات الوسطية ، لذا فسوف نقتصر في شرحنا في هذا الباب على النباتات المائية والجفافية .

الفصل الرابع عشر

CHAPTER 14

نبـاتات الجفـــاف

XEROPHYTES

هناك عوامل عديدة تؤول في النهاية الى ظهور تحورات الجفاف على جسم النبات سواء كانت هذه التحورات خارجية ام داخلية ٠ واكثر هذه العوامل شيوعا وتأثيرا هى تلك التى تســـود في المناطق الصحراوية أو الاماكن شبه القفراء حيث توجد ندرة حقيقية للماء ٠ وقـــد يتبادر الى الذهن أن جميع النباتات التى تعيش بهذه المناطق يمكن اعتبارها نباتات جفافية الا انه توجد بعض النباتات التى لا يمكن اعتبارها كذلك لانها تعيش لفترة وجيزة من السنة اثناء موسم المطر وبعد ذلك تكون اعضاء ارضية كالابصال والكورمات والدنات تبقى داخل التربة خلال فتـــرة الجفاف ٠ وهذه ما تلبث ان تنبت مرة اخرى عند مستهل موسم المطر ٠ اما نباتات الجفاف الحقيقية فهى تلك التى تستطيع العيش تحت ظروف الجفاف وتتحملها عن طريق تحورات خاصة في تركيبها الداخلي والخارجي٠ ومما يجدر اخذه في الاعتبار انه بجانب المناطق البيئية ذات الجفـــاف الحقيقي توجـــد أنواع من البيئة تولد ظروف جفافيـــة من الناحية الفسيولوجية كالمستنقعات المالحــــة **Salt Marshes** or Swamps أو التربة شديدة القلوية حيث يتعذر على النبات الحصـــول على حاجتـه الكاملة من الماء ٠ وفي بيئات اخرى قد يتعذر على النبات امتصاص الماء في فترة معينة من السنة وذلك للانخفاض الشديد في درجة الحرارة في هذه الفترة ٠ تحت هذه الظروف كلها يتعذر على النبات امتصاص المـــاء

فيتطلب ذلك داخليا وخارجيا وجود تلك التحورات التى تظهر على نباتات الجفاف الحقيقية • وفي بعض الحالات لا تتحور النباتات بدرجة كبيرة من اجل ان تتلاءم وظروف الجفاف انما تكتفى مثلا بمجرد تكوين جذور كبيرة وعميقة او جذور غزيرة التفرع كما تحسن قدرتها على امتصاص الماء ومن اكبر قدر من التربة • ولكن لمعظم نباتات الجفاف تحورات تركيبية مميزة قد تكون معقدة في بعض الحالات بحيث تشمل معظم انسجة النبات • ويمكن تلخيص هذه التحورات فيما يأتي :

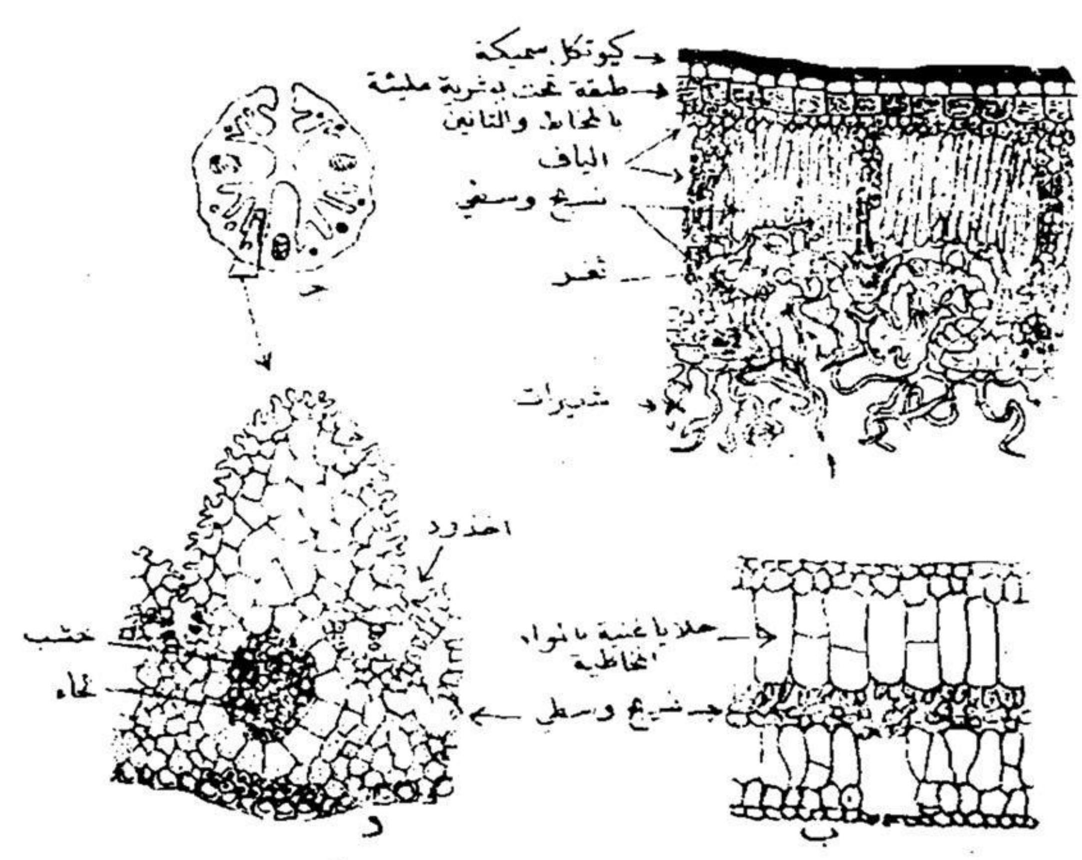
اولا ـ تقوية البشرة

في معظم نباتات الجفاف تتغلف البشرة بطبقة سميكة من الأدمة Cuticle وذلك بجانب تغلظ جدران خلاياها واحياناً خلايا الطبقة التي تليها بمادة الكيوتين Cutin . ويختلف سمك الكيوتكل في نباتات الجفاف المختلفة فقد يكون اسمك قليلا مما هو مشاهد عادة بين النباتات الوسطية Mesophytes كما انه قد يصل الى سمك قطر خلية البشرة أو أكثر . وبالاضافة الى تكوين Cutinization جدر البشرة والطبقة التي تليها قد تتغلظ هذه الجدران علاوة على ذلك بمادة اللكنين . وفي حالات اخرى تتغطى البشرة بطبقات شمعية سميكة امعانا في الاقلال من فقدان الماء الى أقل قدر ممكن .

ثانيا ـ تكوين كميات وفيرة من النسيج السكلرنكيمي

تتميز نباتات الجفاف بوجود نسب كبيرة من الخلايا السكرنكيمية ولاسيما في الاوراق مقارنة بما يوجد عادة في اوراق النباتات الوسطية وتوجد هذه الخلايا عادة بشكل طبقة او طبقتين تقع بين البشرة والنسيج المتوسط . ففي ورقة نبات بانكسيا **Banksia** على سبيل المثال (شكل ١٤ ـ ١) توجد صفيحة مستمرة من النسيج السكرنكيمي بين طبقة تحت البشرة **Hypodermis** والطبقة العمادية **Palisade layer** . وفي حالات اخرى تتواجد الخلايا السكرنكيمية على شكل اشرطة او صفائح سميكة من الالياف تمتد طوليا تحت البشرة في حين يمتد النسيج التمثيلي مابين هذه الاشرطة متصلاً بالخارج عن طريق الثغور . وبذلك تقوم الصفائح او الاشرطة السكلرنكيمية بمنع فقدان الماء من ناحية وكدعامة ميكانيكية

عند تعرض النبات للجفاف من ناحية اخرى . وتسمى نباتات الجفاف التي تتكيف لهذه الظروف عن طريق توفر الانسجة السكلرنكيمية باوراقها نباتات الجفاف متصلبة الاوراق **Hard leaves Xerophytes** .



شكل (١٤-١) مقاطع مستعرضة في اوراق بعض نباتات الجفاف .
أ- جنس بانكسيا Banksia ب- جنس بيكونيا Begonia ، الأوراق عصيرية
جـ- ورقه في حالة الجفاف جنس بارتينا Spartina . د- جزء مكبر من ورقة سبارتينا لاحظ الثغور الموجودة في اخاديد .

ثالثا ـ وفرة الشعيرات

تكون كثير من نباتات الجفاف شعيرات **Hairs or Trichomes** كثيرة على السطوح السفلية للاوراق أو على الثغور فتتكون بذلك عن طريق الشعيرات شبكة متماسكة تستطيع ان تحتفظ بالهواء المحيط بالثغور بدرجة عالية من الرطوبة . وبهذه الطريقة تقل حركة الهواء المتاخم لسطح الورقة وبالتالي يختزل النتح الثغري **Stomatal transpiration** . وتسمى النباتات التي تستخدم الشعيرات في مقاومة ظروف الجفاف بنباتات الجفاف شعيرة الاوراق **Trichophyllous xerphytes**

ومن أمثلتها ورقة نبات الدفلة **Nerium Oleander** وورقة نبات قصب الرمال **Calamafrostis arenaria** وورقة نبات بانكسيا **Banksia** .

رابعا ـ انطواء الاوراق

في بعض نباتات الجفاف ولاسيما النجيليات منها تستطيع الاوراق ان تقوم بعملية الانطواء بصورة محكمة وذلك عندما يشتد الجفاف . وفي هذه الحالات توجد الثغور على السطح العلوى فقط وعندما تنطوى الورقة تنعزل الثغور عن الجو الخارجي الجاف وعن التيارات الهوائية وذلك كما في ورقة قصب الرمال Calamafrostis وورقة سبارتينا Spartina.

وتعود قدرة الاوراق على الانطواء في الجفاف والانبساط في الظروف العادية أو الرطوبة الى وجود تنوعات من الخلايا تمتد طوليا مع الاتجاه الطولي للورقة بين بقية خلايا البشرة . تتميز هذه الخلايا بكبر حجمها ورقة جدرها وتأثرها السريع بالرطوبة والجفاف فعندما يجف الهواء المجاور للورقة تفقد هذه الخلايا بعض مائها وتنكمش وبذلك تنطوى الورقة وينعزل سطحها العلوي تماماً عند الجو الخارجي ، وعندما تعود الرطوبة الى الارتفاع تمتص هذه الخلايا الماء وتنتفخ وعندئذ تنبسط الورقة وتسمى هذه الخلايا بالخلايا الحركية Motor Cells or Bulliform Cells كما تسمى ايضاً الخلايا المفصلية Hinge Cells .

خامساً ـ الثغور من حيث تركيبها وموضعها .

تمثل الفتحات الثغرية Stomata الموجودة ضمن المعقد الثغري Stomatal Complex الممر الرئيسي لخروج الماء من داخل جسم النبات ولذلك فان زيادة عددها يصاحبه عادة فقدان زائد للمحتوى المائي خلال عملية النتح الثغري Stomatal transpiration وعكس ذلك مايكتسبه النبات من احتفاظه بكمية كبيرة من الماء عند وجود قلة من الثغور على سطحه او اذا كانت الثغور مصانة بطريقة او باخرى من التعرض المباشر للجو الخارجي . ففي نباتات البيئة

المتوسطة Xerophytes مثلاً توجد الثغور على مستوى خلايا البشرة في حين تكون في بعض نباتات الجفاف على مستوى منخفض اي غائرة Sunken تحت تجويف خاص يسمى بالغرفة الهوائية الخارجية External air chamber . هذه التجاويف او المنخفضات يظل الهواء الجوي فيها محتفظاً بدرجة عالية من الرطوبة مما يعمل على خفض معدل النتح من الثغور كما في ورقة هاكيا Hakea . وقد تتكون هذه المنخفضات في نباتات المناطق الحارة التي تتعرض لنتح مفرط نتيجة سقوط اشعة الشمس الشديدة الحرارة على الاوراق كما في تين المطاط **Ficus elastica** . وفي حالات اخرى تنتظم الثغور في قاع تجاويف مشتركة تنتشر في سطح الورقة كما في ورقة نبات الدفلة **Nerium** أو على جانبي شقوق خاصة في سطح الساق كما في نبات الرتم **Retama** ، وتحتفظ هذه التجاريف وهذه الشقوق كذلك بهواء عالي الرطوبة . كما ان الثغور بالاضافة الى ذلك قد تكون محفوظة بواسطة شعيرات كثيفة تغطر هذه التجاويف او الشقوق . وفي حالات خاصة كما في نبات السفندر **Ruscus aculeatus** تبدو الثغور وقد تحورت بشكل خاص من حيث تركيبها اذ تنقسم الغرفة الخارجية للثغر بواسطة بروزات متأدمة **Cuticular ridges** الى غرفتين علوية وسفلية فتزيد من احتفاظ المعقد الثغري برطوبة عالية كما يعيق خروج الماء خلال الفتحات الثغرية .

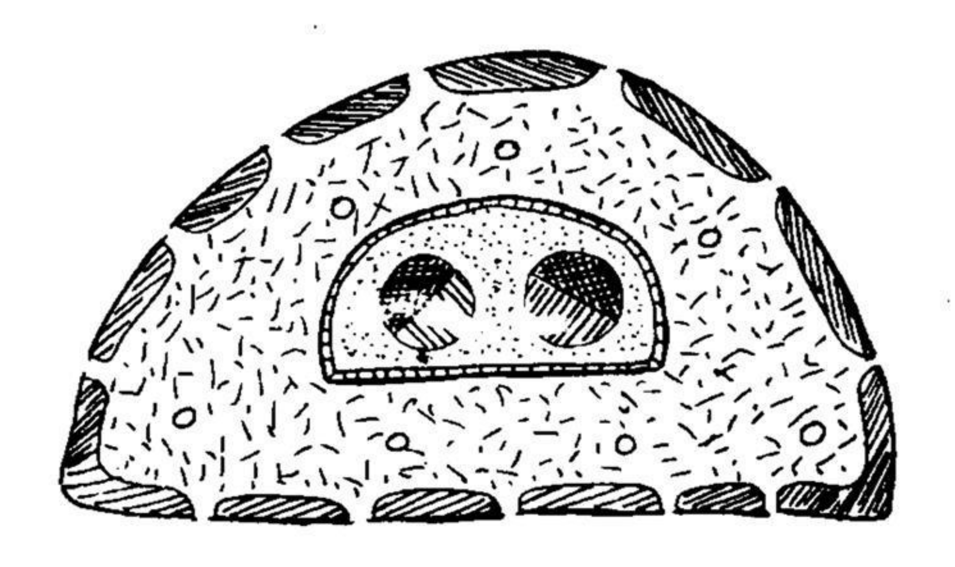
سادساً ـ اختزال سطح الورقة

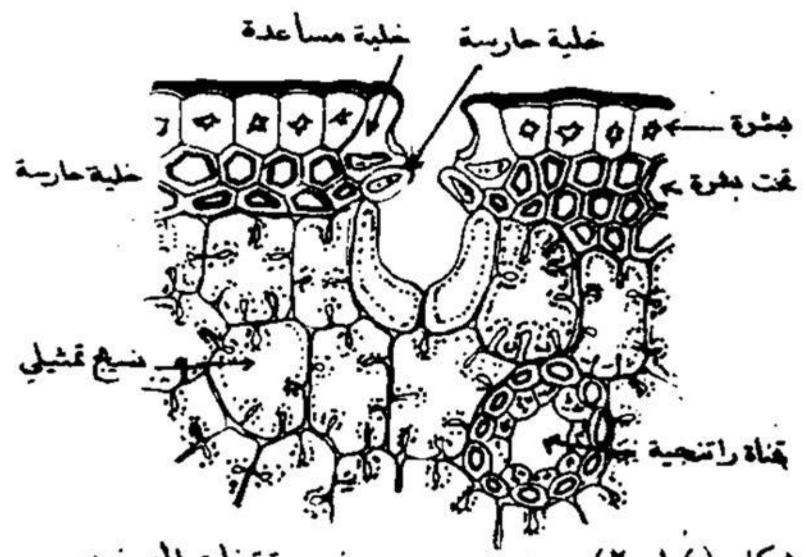
تلجأ بعض نباتات الجفاف الى تخفيض معدل النتح Transpiration بها عن طريق تقليل السطح الناتح وذلك بحملها لاوراق صغيرة وتسمى هذه النباتات نباتات الجفاف صغيرة الاوراق Microphyllous xerophytes . ومن امثلتها نباتات أذنات الخيل (Horsetails) **Equisetum** وهي من النباتات الواطئة والصنوبر (pine) **Pinus** وكازوارينا **Casuarina** وكشك الماز **Asparagus** .

نباتات الجفاف اللحمية **Fleshy Xerophytes**

ان التغلب على ندرة الماء لا تتخذ طريق اعاقة النتح فحسب وانما قد تلجأ بعض النباتات الى الاحتفاظ بكميات كبيرة من الماء داخل جسمها مما يؤدي في بعض الاحيان الى ظهورها بمظهر لحمي . ولذلك فهي تسمى بنباتات الجفاف اللحمية Fleshy xerophytes وتكون هذه النباتات أوراق او سيقان لحمية تحتوي بداخلها على نسيج حشوي خازن للماء كما يحتوي بالاضافة الى ذلك على مواد هلامية . وهذه الماء المختزن يمكن الاحتفاظ به حتى فترة الجفاف حين يحتاج النبات الى استخدامه . ويتركب النسيج الخازن للماء من خلايا برنكيمية حية

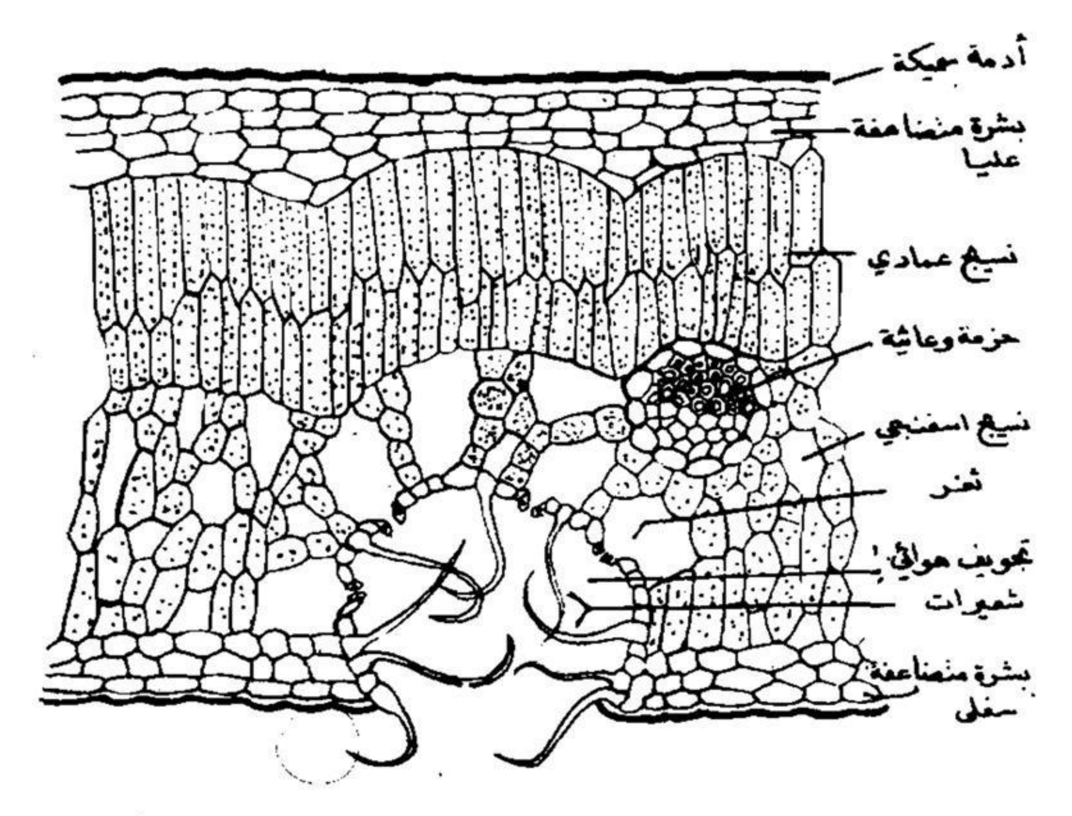
كبيرة الحجم بدرجة غير عادية وتحتوي على سايتوبلازم خارجي رقيق وفجوة مركزية واسعة مملوءة بالماء او بسائل هلامي . وفي بعض الحالات تقوى الخلايا بطريقة خاصة حتى لا يعتريها الارتخاء او الانقباض نتيجة للجفاف . وهذا النسيج الخازن قد يؤدي مهمة سد حاجة النبات الى الماء اثناء الجفاف كما انه يحفظ الانسجة الداخلية من اشعة الشمس الحارة الساقطة على سطح النبات .





شكل (١٤-٢) قطاع مستعرض في ورقة نبات الصنوبر
ا- يبين توزيع الأنسجة المختلفة
ب- يبين الثغر الغائر والأدمة السميكة والبشرة وتحت البشرة بتغلظ لكنيني ونسيج تمثيلي مطوي الجدر .

والنسيج الخازن للماء قد يكون من حيث موقعه خارجيا او داخليا. يوجد النسيج الخارجي الخازن في اغلب الاحوال في الاوراق المفلطحة بالقرب من السطح كما في ورقة ببروميا Peperomia وتين المطاط Ficus elastica والبيجونيا Begonia (شكل ١٤ــ١ ب) اما النسيج الداخلي فتتميز به الاعضاء الخضراء المكيفة لتحمل الجفاف مثل الصبار Aleo ونبات حي العلم Mesembryanthemum اما في الاوراق المتشحمة السميكة فتنتظم فيها الحزم الوعائية عادة في عمود وعائي على هيئة اسطوانة ويتخذ النسيج المتوسط في هذه الحالة هيئة* برنكيما عمادية ذات خلايا متلاصقة بشكل غير معهود بين نباتات البيئة المتوسطة العادية .



شكل (١٤-٣) : قطاع مستعرض في ورقة نبات الدفلة يبين بعض الخصائص الجفافية

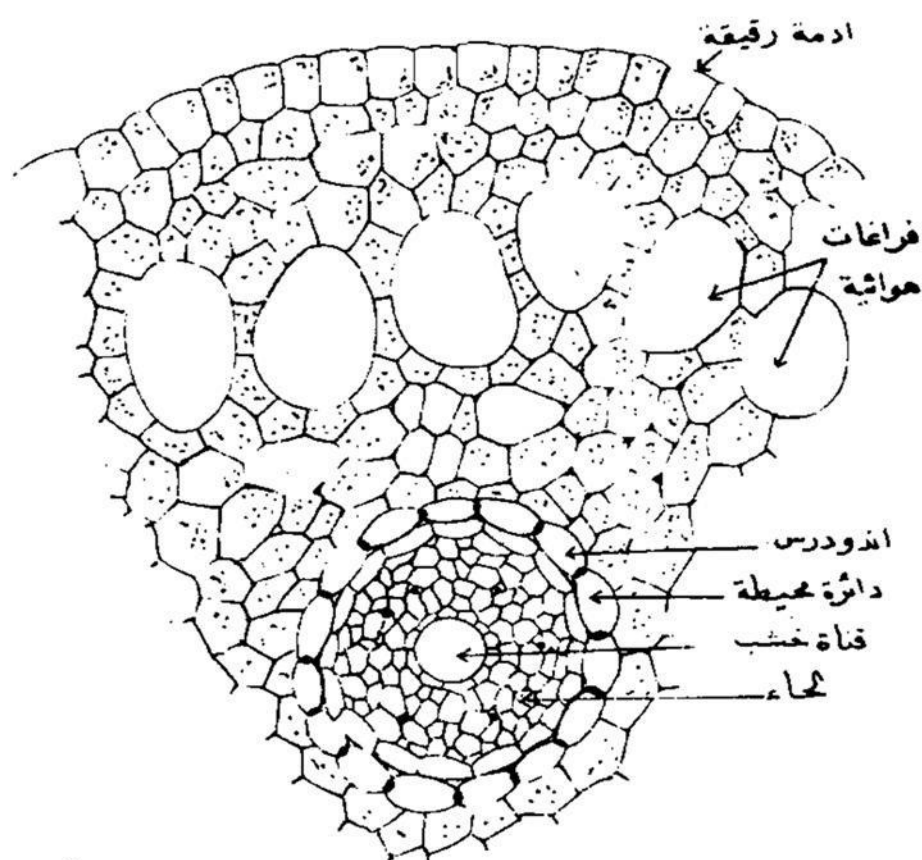
الفصل الخامس عشر
CHAPTER 15
النباتات المائيـــة
HYDROPHYTES

تتحور النباتات المائية أيضا لكيما تتلاءم مع بيئتها ·الا أن التحورات التركيبية الخاصة بالبيئة المائية محدودة اذا مـــا قورنت بتلك التحورات الخاصـــة بالبيئة الجافة · فالعوامل التى تؤثر على النباتات المائيـــة تتضمن أساسا درجة الحرارة والتهوية الكافية والتركيز الازموزي والسمية وغير ذلك · ويتوقف العاملان الاخيران على ما يحتويه الماء من مواد مذابة فيه · وتحدث التحورات التركيبية في النباتات المائية عن طريق اختزال الانسجة الواقية والدعامية والموصلة بالاضافة الى زيادة في المسافات البينية خلال الانسجة الداخلية (شكل ١٥ــ١) · ويمكن تلخيص مميزات النباتات المائية فيما يأتي : ــ

اولا ــ البشـرة

تفقد البشرة في النباتات المائية وظيفتها الوقائية ولكنها تقوم عوضا عن ذلك بامتصاص الماء والغازات والاملاح مباشرة من المياه المحيطة ، وفي النباتات المائية النموذجية يغطي البشرة طبقة رقيقة جدا من الادمة **Cuticle** . ومن المعروف أن نباتات البيئة المتوسطة لا تحتوي خلايا البشرة العادية فيها على كلوروفيل الا ان خلايا البشرة العادية **Ordinary epidermis** في النباتات المائية تحتوي على كلوروفيل بغزارة وتقوم بدور هام في عملية البناء الضوئي ولاسيا في الاوراق الرقيقة . أما من جهة الثغور فهي بسيطة التركيب وتوجد بوفرة في الاجزاء الطافية وتختفي تماما في الاجزاء المغمورة ويحدث تبادل الغازات مباشرة خلال البشرة ذات الجدران الرقيقة . وتتميز الثغور في النباتات المائية من حيث تركيبها بأنها خالية من الفراغ الامامي والفراغ الخلفي **Front & back cavities**

الموجودين بصفة اعتيادية في ثغور نباتات البيئة المتوسطة وذلك فإن انفتاح وانغلاق الثغور يتأتي عن طريق تباعد وتقارب بروزاتها المتأدمة **Cuticular ridges** عوضا عن جدرانها البطنية .



شكل (١٠-١) : قطاع مستعرض في ساق نبات عشب البط (ايلوديا)
يبين بعض خصائص النباتات المائية .

ثانيا ـ الشكل العام للورقة

يمكن التمييز بين النباتات المائية بصورة عامة من حيث انها امـــا مغمورة تماما او طافية وعلى هذا الاساس فالنباتات المغمورة تكون أوراقها جميعا مغمورة. اما النباتات الطافية فهذه تكون لها أوراق طافية وربما اخرى هوائية بجانب الاوراق المغمورة . والاوراق المغمورة تكون عـادة امـا رفيعـة للغـاية او مجـزأة كمـا في نبات الحزنبل او الاشنبلان **Myriophyllum** وحامول الماء **Utricularia** نخشوش الحوت **Ceratophyllum** .

ويعود ذلك الى ان الاوراق المجزأة تمتاز بسطح اكبر لامتصاص الغازات بالاضافة الى انها أقدر على المقاومة من الناحية الميكانيكية اذ تستطيع التيارات المائية أن تنساب بين اجزائها • الا أن بعض النباتات المائية مثل لسان البحر Potamogeton pectinatus لها أوراق طويلة غير مجزأة الا إنها رقيقة ولا تبدى أية مقاومة تجاه التيارات المائية • وفي القليل من الحالات كما في P. lucens تكون الاوراق عريضة نوعا ما ولكنها رقيقة وقابلة للانثناء • وتوجد في بعض النباتات المائية ظاهرةالتباين الورقي Heterophylly والتيتنمى وجود نوعين أو اكثر من الاوراق على النبات الواحد ومن الامثلة البارزة في هذا الصدد نبات الشقيق المائي Ranunculus agvatilis اذ يحمل النبات اوراقا مغمورة ريشية كثيرة التجزؤ وأوراقا طافية بسيطة مفصصة • اما في نبات اللوتس Nymphaea فتوجد اوراق قليلة مغمورة شريطية الشكل واوراق طافية بيضية وقلبية الشكل ويمثل جنس ساجيتاريا Sagittaria مثلا طريفا للنباتات المائية فانواعه التى تعيش في الماء الضحل تحمل ثلاثة أنواع من الاوراق : أوراق مغمورة وهذه شريطية الشكل Linear واوراق طافية وهذه رمحية الشكل Lanceolate وأوراق هوائية وهذه سهمية الشكل Sagittate • أما انواعه التى تعيش في الماء العميق الجارى فيوجد بها نوع واحد من الاوراق هي الاوراق المغمورة الشريطية • والاوراق الطافية بوجه عام تكون عادة كاملة الحافة يتصل عنقها بمركز النصل حتى يكون الشد مركزيا وحتى يبقى النصل طافيا • ونظرا لان الضوء لا يصل النصل المغمور من ناحية معينة انما ينتشر خلال الماء فان النسيج التمثيلى يحيط بالورقة كما هى الحال في الشقيق المائي Ranunculus aquatilis (woter bettlhercaps)

ثالثا ـ الغرف الهوائية

تحتوى النباتات المائية خلال انسجتها على مسافات هوائية واسعة ممتلئة بالغازات وتقوم بمهمة خزن هذه الغازات • وهذه المسافات تكون اما مسافات بينية واسعة تحيطها من جميع الجوانب خلايا برنكيمية رقيقة الجدران اوْ غرف هوائية حقيقية واسعة ومنتظمة • وهذه المسافات او الغرف الهوائية اما انها تمتد خلال الورقة كلها او الى مسافات طويلة داخل الساق ايضا • وفي هذه الحالة تفصلها عن بعضها حواجز Diaphragms تتكون من خلية الى خليتين في السمك • وتقوم هذه الغرف الهوائية مقام الجو الداخلي بالنسبة للانسجة • فيخزن فيها الاوكسجين الناتج من التمثيل الضوئي Photosynthesis وثاني اوكسيد الكاربون الناتج من التنفس Respiration لكيا تستخدم في التنفس والتمثيل الضوئي على التوالي. ويمكن مشاهدة هذه الفراغات بوضوح في نبات بونتدريا قلبية Pontederia cordata ويسمى النسيج الحاوي على المسافات البينية الواسعة البرانكيا الهوائية Aerenchyma . وهذا النسيج ـ من الناحية المروفولوجية قد يكون جزءاً من القشرة او من النخاع او من النسيج المتوسط للورقة . ومن أبرز الامثلة التي يُظهر بها هذا النسيج نباتات الوديا Elodea ولسان البحر Potamogeton ونخشوش الحوت Ceratophyllum

رابعا ـ اختفاء النسيج السكلرنكيمي

يختفي عادة النسيج السكلرنكيمي من النباتات المائية واذا وجد فيكون ضعيف التكوين • ويعتمد النبات على الماء ذاته كدعامة له • وقد يوجد في بعض الحالات نسيج كولنكيمي كما في ساق نخشوش الحوت Ceratophyllum كما قد توجد اشرطة سكلرنكيمية احيانا على مدار حافة الورقة في النباتات المغمورة •

خامساً : ـ اختزال الانسجة الوعائية والماصة

يحدث امتصاص الماء والأملاح في النباتات المائية من المياه المحيطة خلال السطح المغمور للنبات ولذلك فالنظام الجذري يكون مختزلاً في مثل هذه النباتات الى حد كبير. وتبقى له عند ذلك الوظيفة الميكانيكية بصورة اساسية. وتختفي لذلك الشعيرات الجذرية تماماً. وكذلك فان عناصر الخشب تختزل هي الاخرى أو قد تختفي تماماً في بعض الحالات. ويبقى الخشب عندئذ ممثلاً بقناة خشبية Xylem canal تتكون بالطريقة الانفعالية Schizogenously ، وذلك من الخلايا البرانكيمية التي تحتل مركز الساق. كما قد تتكون بطريقة الحلال بعض العناصر الناتجة من اشرطة الكومبيوم الأولى Procambial strands. وفي كلتا الحالتين تحاط قناة الخشب بخلايا برانكيمية يليها الحاء الى الخارج. ويمكن الاستدلال على موضع اللحاء بسهولة بواسطة انابيبه المنخلية الكبيرة. ان ظاهرة اختزال الخشب في النباتات المائية رغم وجود لحاء جيد التكوين تعود اساساً الى ان الامتصاص يحدث عن طريق سطح النبات كله ، في حين يقوم اللحاء بكامل وظيفته ، كما يقوم بها في النباتات الأرضية. ويوجد في ساق ايلوديا Elodea وساق Ceratophyllum قناة خشب واحدة في المركز ، اما في لسان البحر Potamogeton فتوجد قناة واحدة في بعض الانواع ، وثلاث قنوات في انواع أخرى. وتحدد الاسطوانة الوعائية من الخارج بطبقة قشرة داخلية Endodermis واضحة مع تغلظ جدرانها القطرية Radial walls ، كما تبطنها من الداخل طبقة دائرة محيطة Pericycle مكون من خلايا رقيقة الجدران. والى الخارج من القشرة الداخلية توجد عادة منطقة قشرة Cortex واسعة مكونة من خلايا برانكيمية رقيقة الجدران ، تتخللها مسافات بينية واسعة Large intercellular spaces.

الفصل السادس عشر

التشكيلات النسيجية

« الكايميرات »

CHAPTER 16

التشكيلات النسيجية أو الكايميرات هي نباتات تكون طبقة أو اكثر من طبقاتها ، أو جزء معين او قطاع أو منطقة ذات عدد كروموسومي مغاير للعدد الاصلي ، أو حاوية على طفرة من الطفرات ، بينما تبقى سائر أجزاء أو طبقات الجسم النباتي الاخرى عادية من حيث عدد الكروموسومات المميز لأفراد ذلك النوع ، أو بالنسبة للصفات الاخرى . وفي الحقيقة فان الاختلاف قد يتضمن عدد الكروموسومات ، أو أن يتضمن تغيراً في اللون أو بعض الصفات المظهرية الأخرى التي تحدث في الاجزاء أو الطبقات المنطفرة ، فتميزها عَنْ باقي الأنسجة والاجزاء التي لها شكلها الطبيعي ، والعدد المميز لها من الكروموسومات في الطور البوغي Sporophyte ، وهو الطور ثنـائي المجموعـة الكروموسوميـة Diploid (2n) Phase .

كان العالم ڤنكلر Winkler أول من استخدم مصطلح Chimera عام ١٩٠٧ حين أطلق هذا الاسم على بعض النباتات التي حصل عليها عن طريق تركيب أو تطعيم Grafting نباتين ، الأولَ هو نبات الطماطة Lycopersicon esculentum (Tomato) والثاني هو نبات (عنيب الواوي) أو عنب الذئب (Night shade) Solanum nigrum . وقد استعمل العالم المذكور في بعض تجاربه نبات الطماطة Lycopersican esculentum كأصل Stalk ونبات (عنيبَ الواوي) S.nigrum كطعم Scion ، في حين عمل العكس في تجارب اخرى ، اي استعمل نبات عنيب الواوي كأصل ونبات الطماطة كطعم .

وقد لاحظ Winkler أن النباتات الناتجة من عملية التطعيم كان البعض منها يشبه الطماطة بصورة كلية ، والبعض منها كان كثير الشبه بنبات عنب الذئبَ ، في حين لاحظ أن البعض الآخر كان حَاوياً على أنسجة وصفات بعضها شبيه بالطماطة وبعضها الآخر شبيه بَعنب الذئب . وقدْ اطلق على النباتات التي تقع ضمن الفئة الاخيرة مصطلح الكايميرات ـ Chimeras أو التشكيلات النسيجية . وقد فسر Winkler بصورة خاطئة انذاك حصول الهجائن التركيبية Graft hybrids أو الكايميرات التي حصل عليها ، بكونها قد نتجت عن اندماج خليتين خضريتين 2 vegetative cells احداهما تعود الى نبات الطماطة والاخرى تعود الى نبات عنيب الواوي . غير أن التفسير الصحيح لمثل هذه الظاهرة هو أن النبات

الكايميري يصبح مؤلفاً من أنسجة بعضها ينتمي الى أحد النباتين اللذين استعملا في التطعيم ، وبعضها يشتق من النبات الآخر .

وفي الحقيقة فان بالامكان تكوين نبات كايميري بطريقة الهجائن التركيبية Graft hybrids باستعمال نباتين أو أكثر ، واجراء عملية التركيب أو التطعيم بينها ، فيصبح النبات الناتج نباتاً كايميرياً ، او تشكيلة نسيجية مشتقة من النباتات المستعملة لهذا الغرض . وكثيراً ما يكون تشخيص الأنسجة وارجاعها الى النوع النباتي الذي تعود اليه سهلاً عندما تكون هنالك سمات محددة في كل نبات كنوع الصبغات أو البلاستيدات الموجودة في احدهما ومدى اختلافها عن الآخر . اذ أن الثمار وبعض الانسجة في نبات الطماطة ذات لون أحمر او برتقالي ، وهو اللون المعروف فيَ هذا النوع ، بينما لون الثمار في نبات عنب الذئب هو الأسود ، مما لايشكل أية صعوبة من تشخيص الثمار او أجزاء نباتية اخرى الى هذا النبات او ذاك .

كما تجدر الاشارة كذلك الى أنه لايشترط بالضرورة في النبات الكايميري او التشكيلة النسيجية مساهمة نوعين نباتيين مختلفين أو أكثر ، اذ يمكن ان تحصل في الطبيعة بصورة تلقائية Spontaneous او بصورة تجريبية في نفس النبات عندما تحدث طفرات كروموسومية Chromosomal mutations أو طفرات جينية Genic mutations في نسيج أو طبقة أو جزء من النبات ، وبقاء الاجزاء الاخرى عادية .

وقد تحدث التشكيلات النسيجية أو الطفرات بطريقة تجريبية Experimental لدى المعاملة ببعض العوامل المطفرة Mutagens فيطلق عليها عندئذ مصطلح التشكيلات النسيجيةَ المستحثة Induced Chimeras ، وذلك لتمييزها عن التشكيلات التي تحدث في الطبيعة دونما تدخل مباشر من قبل الانسان ، والتي يطلق عليها مصطلح التشكيلات التلقائية Spontaneous Chimeras ..

وبعد التجارب التي قام بها Winkler استمر علماء آخرون في دراسة التشكيلات النسيجية النباتية ، وكان من بين أشهر المشتغلين في هذا المجال العالم بور Baur الذي امتدت تجاربه من الفترة ما بين ١٩٠٩ ـ ١٩٣٠ م . وقد كان هذا العالم يهدف من تجاربه التعرف على بعض الخصائص المتعلقة بالكايميرات ، حيث كرّس جل وقته في اجراء التجاربَ على نبات البيكونية المبرقش Variegated pelargenium . وقد تمكن بور من استخلاص بعض المعلومات التي استنتجها حول التشكيلات النسيجية وطبيعها وبعض أنواعها . وقدَ بنى العالم بور

تلك الاستنتاجات في ضوء النتائج التي حصل عليها Winkler اضافة الى النتائج التي حصل عليها من خلال ماقام به هو من تجارب ، وماكونه من ملاحظات على نباتات البيگونية . وقد تمكن بور في ذلك الوقت من تشخيص وتسمية نوعين من أنواع التشكيلات النسيجية هما :

أ ـ التشكيلات النسيجية القطاعية « أو الكايميرات القطاعية » Sectorial Chimeras ، وفيها يكون قطاع Sector في النبات مؤلف من انسجة تابعة لنوع من النباتات ، بينما يكون باقي النبات مؤلفاً من انسجة تابعة لنبات آخر .

ب ـ التشكيلات النسيجية المحيطية « أو الكايميرات المحيطية » Periclinal chimeras وفيها تكون طبقة أو اكثر من الطبقات السطحية تابعة لنوع من الأنواع النباتية ، بينما الطبقات الداخلية مكونة من أنسجة تابعة لنوع آخر .

واستمرت الدراسات على التشكيلات النسيجية في النباتات وبخاصة الأنواع غير التركيبية ، أي تلك التي تحصل في نفس النبات اما تلقائياً او بصورة مستحثة لدى المعاملة ببعض المواد المطفرة سواء كان ذلك باستعمال بعض المواد الكيميائية أو بطرق فيزيائية مثل الحرارة أو التعريض للاشعاعات او ماالى ذلك .

وقد كان لاكتشاف تأثير مادة الكولجسين Colchicine من الأنسجة المرستيمية المعاملة بهذه المادة أثر كبير في انتاج العديد من الكايميرات النباتية المستحثة بصورة تجريبية .

ومما تجدر الاشارة اليه من هذا الصدد أنه في حالة تحول النبات بجميع آنسجته الى حالة تعدد المجموعة الكروموسومية Polyploidy فإن النيات الناتج لا يمكن أن نطلق عليه مصطلح كايميرة أو تشكيله نسيجية ، بل يسمى نباتاً متعدد المجموعة الكروموسومية Polyploid Plant . أما النبات الكايميري Plant Chimera فهو الذي تكون بعض انسجته ذات تركيب وراثي معين ، بينما انسجته الاخرى ذات تركيب وراثي مغاير ، سواء كان ذلك ممثلاً بطفرات كروموسومية ام جينية ، ام لكون ذلك الجزء تابعاً لنسيج من نبات مختلف . فقد يكون هنالك قطاع أو غص مختلف عن بقية اجزاء النبات في اللون أو في عدد الكروموسومات ، كأن يكون متعدد المجاميع الكروموسومية ، كان يكون رباعي المجموعة Tetraploid أو ثماني المجموعة Octoploid ، أو تكون خلاياه قد كانت طفرات من نوع او آخر ، كان تصبح ذات كروموسوم زائد $2n + 1$ (وهي الحالة التي تعرف بثلاثية كروموسوم متماثل Trisomic condition ، ، أو أن تتضمن نقصاً في كروموم واحد $2n - 1$

أحادية كروموسوم متماثل Monosomic) أو زيادة كروموسومين 2n + 2 (رباعية كروموسوم متماثل Tetrasomic) وهكذا .

إن جميع هذه الحالات وكثيراً غيرها عند حصولها في أجزاء أو طبقات معينة فقط من النبات مع بقاء الانسجة الأخرى عادية ، ينتج عنها نبات كايمري أو تشكيلة نسيجية . كما قد تكون الطفرة الحاصلة في طبقة أو منطقة معينة من النبات هي من طراز الطفرات الجينية Gene mutations ، فتظهر بعض الصفات الخاصة بالطفرة المعنية في تلك الاجزاء ، رغم عدم وجود اختلاف في عدد الكروموسومات .

إن الكايميرات التي تنشأ في نفس النبات ، أو من نفس الكائن الحي ، تنتج اساساً من حدوث طفرات جسمية Somatic mutations . وإذا كانت المنطقة المنطفرة ضمن المناطق المرستيمية ، فإن تلك الطفرة سوف تظهر في جميع الأنسجة والطبقات التي تنشأ من المنطقة المنطفرة . وهذه الظاهرة في واقع الآمر لا تقتصر على النباتات ، بل يمكن كذلك ان تحصل في الحيوانات وفي المزارع النسيجية Tissue cultures ، حيث سيجري تناول بعضها في سني قادمة لدى دراسة موضوع علم الوراثة Genetics .

ومما تجدر الاشارة اليه ان التغيير الوراثي (الطفرة) عندما يحصل في احدى الطبقات الانشائية لقمة الساق مثلاً ، يستمر بصورة دائمة بحيث تظهر تلك الطفرة في خلايا جميع الطبقات أو الأعضاء النامية التي تنشأ أساساً من الطبقة المنظفرة . وعلى هذا الأساس فإن بالامكان اقتفاء أثر تلك الأجزاء ، مما يمكن الباحث من معرفة جميع الاجزاء أو الانسجة التي اشتقت ـ بصورة مباشرة أو غير مباشرة ـ في الطبقة الانشائية المنطفرة . وفي هذه الحقيقة تكمن أهمية الكايميرات النباتية في العديد من المجالات والدراسات المتعلقة بعلوم التشريح Anatomy والشكل Morphology ، وفي مجالات تخليق الاعضاء Organognesis ، وتخليق الهيئة Morphogenesis ، وتخليق الأنسجة Histogenesis ، والتحقق من صحة أو خطأ مضامين بعض النظريات المتعلقة بذلك ، حيث سيرد ذكر بعضها لاحقاً في هذا الفصل .

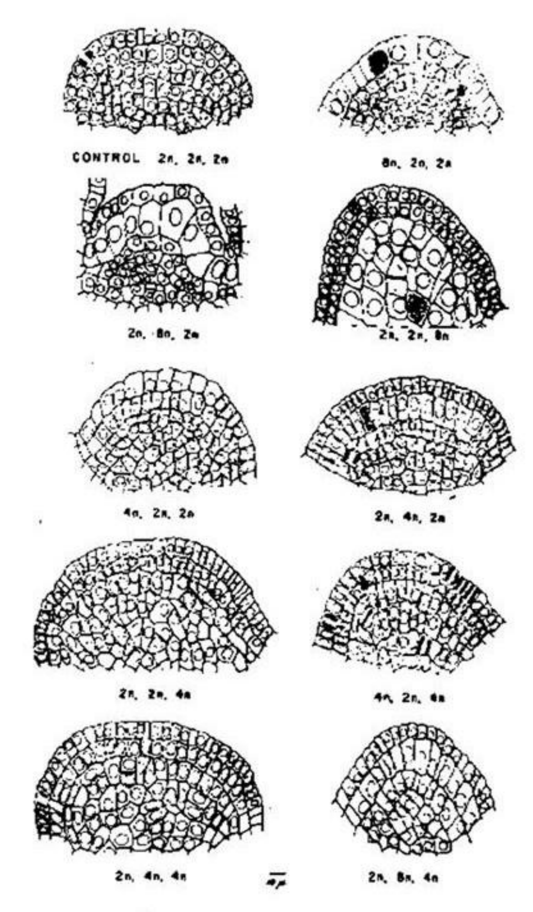
انواع الكايميرات النباتية Types of Plant Chimeras

يمكن تصنيف التشكيلات النسيجية الى الانواع الرئيسة الآتية وذلك تبعاً لطريقة توزيع الأنسجة المتباينة وراثياً في الجسم النباتي :

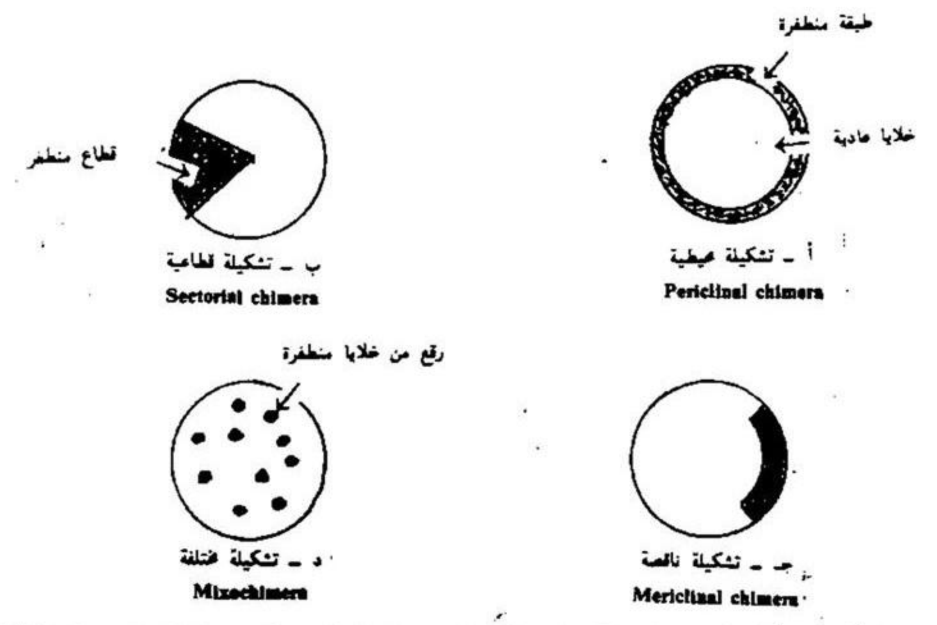
(١) التشكيلات النسيجية القطاعية Sectorial chimeras وهي نباتات يكون فيها غصن من الأغصان ، أو قطاع في عضو من أعضاء النبات يختلف في طرازه الوراثي الكروموسومي أو الجني عن باقي أجزاء الجسم النباتي الاخرى . فالغصن الذي يكون طرازه الوراثي Genotype مغايراً للطراز الوراثي لباقي النبات يمثل تشكيلة نسيجية قطاعية ، لأن ذلك دليل على نشوئه من قطاع معين في الساق يمتلك الطفرة الموجودة في الغصن ذاته ، بينما استمرت بقية الأجزاء على الطراز الوراثي العادي ، أو تكون قد عانت طفرات من نوع مغاير للغصن . فإذا ما افترضنا ان القطاع قد أصبح رباعي المجموعة الكروموسومية (4n) وإن باقي النبات بقي عادياً (2n) ، فإن بالامكان ملاحظة ذلك بسهولة عن طريق عمل مقاطع مستعرضة حيث يبدو فيها القطاع المنطفر في هذه الحالة متميزاً بسعة خلاياه ، بينما تكون حجوم خلايا الأجزاء الأخرى من المقطع عادية .

أما إذا كان القطاع المنطفر قد عانى طفرة تتضمن عدم القدرة على صنع الكلوروفيل ، فإن القطاع (أو الغصن) الذي ينشأ منه سيكون شاحباً ، ومؤلفاً من خلايا شاحبة اللون ، بينما الخلايا الاخرى من بقية المقطع يُظهر بعضها اللون الأخضر بسبب وجود الكلوروفيل فيها . ومثل هذه الطفرة في النوع الاخير يمكن ملاحظتها بسهولة في لون الأوراق والفروع الفتية الناشئة من الغصن المتصل بالقطاع المنطفرة ، فتبدو تلك الأجزاء شاحبة اللون ، مما غيرها عن باقي الاوراق الخضراء المميزة الناشئة من الفروع الاخرى .

ان نشوء التشكيلات النسيجية القطاعية يعتبر ذا أهمية بالغة في مجال علم تخليق الانسجة Histogenesis ، اذا أن ذلك قد اتخذ دليلاً على وجود اكثر من خلية انشائية واحدة من كل طبقة من الطبقات الانشائية المستقلة Independent initial layers في قمة الساق بالنسبة للعديد من مغطاة البذور Angiosperms التي لوحظت فيها الكايميرات القطاعية سواء كان ذلك بصورة تلقائية Spontaneous او بصورة تجريبية Experimental . اذ لو كانت هنالك خلية انشائية واحدة Single initial cell في قمة الساق أو في كل طبقة من الطبقات الانشائية فيه لما أمكن حصول هذا النوع من التشكيلات النسيجية . ان حدوث التشكيلات النسيجية القطاعية قد مكن العلماء من الاجابة على السؤال المتعلق بعدد الخلايا الانشائية في كل طبقة من الطبقات المغلفة Tunica layers في نظرية الأغلفة والبدن Tunica-corpus theory التي تصف المرستيم القمي للساق Shoot apex في مغطاة البذور . إذ ان حدوث الكايميرات القطاعية يمثل دليلاً لا يقبل الشك على وجود اكثر من خلية انشائية من كل طبقة من الطبقات الانشائية المغلفة في قمة الساق في العديد من نباتات مغطاة البذور .



شكل (١٦ ـ) انواع مختلفة من التشكيلات النسيجية المحيطية في نبات الداتورة **Datura** كما تبدو في المقطع الطولي المحوري للقمم النامية للساق.



شكل (١٦ ـ ٢) رسم تخطيطي يوضح الانواع المختلفة من التشكيلات النسيجية كما تبدو في المقاطع العرضية عند قمة الساق.

(٢) التشكيلات النسيجية المحيطية **Periclinal chimeras**

وهي نباتات تختلف فيها طبقة أو أكثر من الطبقات المغلفة للقمة النامية للساق في طرازها الكروموسومي أو الجيني عن الطبقات الداخلية للنبات. ان هذا النوع من التشكيلات النسيجية يعتبر من أهم الأنواع لما له من فوائد، حيث يمكن الباحث من تتبع الانسجة المختلفة منذ القمة النامية للساق وحتى المناطق الناضجة للجسم النباتي. وبعبارة اخرى فان التشكيلات المحيطية تجعل بالامكان تتبع ماتكونه كل واحدة من المناطق الانشائية الموجودة في قمة الساق من أنسجة أو مناطق أو أجزاء في الجسم النباتي. لذا فان هذا النوع من التشكيلات يعتبر بالغ الأهمية في مجالات تخليق الانسجة Histogenesis وتخليق الأعضاء Morpnogenesis وما الى ذلك من مجالات.

لقد أمكن الحصول على العديد من الكايميدات المحيطية التلقائية في الطبيعة في العديد من النباتات كالبطاطس (Potatoes) **Solanum tuberosum**، والتفاح **Pyrus malus** (apple) والتبغ **Nicotiona tobacum** (tobacco) والبرتقال **Citrus sinensis** (oranges)، كما أمكن الحصول على انواع متعددة من التشكيلات النسيجية المحيطية بصورة تجريبية لدى المعاملة ببعض المواد الكيميائية مثل الكولچسين Colchicine، أو لدى المعاملة بالحرارة، أو تعريض القمم النامية لبعض الاشعاعات Radiations، او نتيجة لتكوين الهجن التركيبية Graft hybrids، كتلك التي سبقت الاشارة اليها في مطلع هذا الفصل نتيجة لتركيب نبات الطماطة (tomatoes) **Lycopersicom esculentum** على نبات عنب الذئب او عنّيب الواوي (Nightshade) **Solanum nigrum** وذلك عن طريق استخدام أحد هذين النباتين كأصل Stalk والآخر كطعم استخدام Scion. ومن النباتات التي أمكن استحداث تشكيلات محيطية فيها بصورة تجريبية نباتات الداتورة **Datnra** وعنب الدُب (الغُرنوق) (Vaccinium Cranberry)، والتفاح (apple) **Pyrns malus**، والعرمُوط (Pear) **Pyrus communis**، والأنـــانـــاس (Pineapple) **Arans sativa**، والخوخ (Peach) **Prunus persica**، والبطـــاطس (polato) **Solanum tuberosum** وكثـــير غيرها. شكل ١٦ ـ ١، شكل ١٦ ـ ٢ أ

وعند الحصول على انواع مختلفة من التشكيلات النسيجية المحيطية فان بالامكان معرفة عدد الطبقات الانشائية المستقلة في قمة الساق للنبات الذي حصلت فيه تلك التشكيلات. وقد وجد أن الكثير من نباتات ذوات الفلقتين التي حصلت فيها التشكيلات النسيجية المحيطية تمتلك ثلاث طبقات انشائية مستقلة، الخارجيتين منها تمثلان الطبقة المغلفة Túnica، والداخلية تمثل البدن Corpus، حسب

نظرية الغلاف والبدن Tunica-corpus theory التي سبق شرحها في الفصل الرابع .

وعلى هذا الأساس فاذا كان الطراز الكروموسومي للطبقات الاولى والثانية والثالثة هو 2n ، 4n ، 8n على التوالي ، فان هذا النوع يمكن ان نرمز اليه اختصاراً كما يأتي :

T_1 ‑ T_2 ‑ C
2n , 4n , 8n
الطبقة الاولى   الطبقة الثانية   الطبقة الثالثة

حيث يدل الرمز T_1 على الطبقة الاولى (الخارجية) من الطبقات المغلفة (اي Tunica 1) ، و T_2 على الطبقة الثانية من الطبقات المغلفة (Tunica 2) ، والرمز C للدلالة على البدن Corpus . لذا يمكن ان نرمز لها اختصاراً 4n, 8n ,2 . أما اذا كانت الطبقة الخارجية ثمانية المجموعة الكروموسومية (8n) والوسطى ثنائية المجموعة (2n) والداخلية رباعية المجموعة (4n) فيمكن ان يرمز لهذا النوع من التشكيلات النسيجية المحيطية كما يأتي : 8n,2n,4n وهكذا .

وعلى هذا الاساس فان النبات الطبيعي او نبات المقارنة Control يمكن أن نرمز له اختصاراً 2n,2n,2n لان المناطق الانشائية المستقلة الثلاث فيه متشابهة في عدد الكروموسومات ، حيث ان كلاً منها ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) Diploid .

ومن الانواع التي أمكن الحصول عليها في نبات الداتورة لدى معاملة البذور أو القمم النامية للساق في هذا النبات التشكيلات المحيطية المستحثة التالية ، حيث يمثل النموذج رقم (١) النبات العادي (2n,2n,2n) : ـ

(2) 8n,2n,2n	(1) 2n,2n,2n
(4) 2n,2n,8n	(3 2n,8n,2n
(6) 2n,4n,2n	(5) 4n,2n,2n
(8) 4n,2n,4n	(7)2n,2n,4n
(10) 2n,8n,4n	(9) 2n,4n,4n

ويوضح الشكل (١٦ ـ) الانواع المذكورة من التشكيلات النسيجية المحيطية كما تبدو في المقطع الطولي المحوري M.L.S. للقمة النامية للساق في مختلف تلك التشكيلات . ومن الجدير بالذكر ان الحجم النسبي للخلايا في أية طبقة يتناسب مع درجة التضاعف في المجاميع الكروموسومية لتلك الطبقة .

لقد أظهرت مثل هذه الدراسات بشكل لا يقبل الشك ان نبات الداتورة Datura ـ شأنه في ذلك شأن العديد من نباتات ذوات الفلقتين ـ يمتلك ثلاث طبقات انشائية مستقلة في قمة الساق 3 independent Initial layers ، وان كل واحدة من هذه الطبقات الانشائية تمتلك منطقة انشائية تتألف من خلايا مرستيمية انشائية مستقلة عن الطبقات الاخرى .

ان حصول التشكيلات المحيطية في نباتات الداتورة وفي العديد من النباتات الاخرى كالتفاح ، والعرموط ، والبطاطس ، وعنب الدّب ، وكثير غيرها يشير بشكل لا يقبل الجدل الى وجود اكثر من طبقة انشائية مستقلة من قمة الساق للنباتات التي حدثت فيها التشكيلات المحيطية ، سواء بصورة تلقائية او عن طريق استحداثها تجريبياً . وتعتبر الكايميرات المحيطية من أكفأ الوسائل النافعة لدراسة تخليق الانسجة Histogenesis وتخليق الاعضاء Organogenesis ، وما شاكل ذلك ، كما أنها لعبت دوراً مهماً في التحقق من صحة أو خطأ مضامين بعض النظريات الخاصة بالمرستيمات القمية Apical meristems وبعض النظرياتَ بالمتعلقة بالتناظر Homology . شكل ١٦ ـ ٢ ب

٣ ـ التشكيلات النسيجية الناقصة Mericlinal Chimeras

يتميز هذا النوع من التشكيلات النسيجية بكون الخلايا التي تحدث فيها الطفرات تتضمن جزء من قطاع أو جزء من طبقة مع بقاء القسم المتبقي من القطاع او الطبقة عادياً . وبعبارة اخرى فان التشكيلات الناقصة تكون فيها الخلايا المتباينة وراثياً مُقتصرة على منطقة محدودة السمك (بسمك خلية واحدة او خليتين) بينما تبقّى سائر المناطق في القطاع وباقي اجزاء النبات عادية . ويعتبر بعض العلماء هذا النوع من التشكيلات النسيجية على أنها تشكيلات قطاعية ناقصَة ، بينما يعتبرها آخرون محيطية ناقصة . ومهما يكن من امر فان التشكيلات الناقصة هذه تؤكد وجود اكثر من خلية انشائية واحدة في كل طبقة من الطبقات الانشائية المستقلة الموجودة في قمة الساق بالنسبة للنباتات التي تحدث فيها التشكيلات الناقصة . اذ لو كانت هنالك خلية انشائية واحدة فقط في كل منطقة من المناطق الانشائية للساق في العديد من مغطاة البذور Angiosperms لما أمكن حصول هذا النوع من التشكيلات النسيجية . شكل (١٦ ـ ٢ جـ)

٤ . التشكيلات النسيجية المختلطة Mixochimeras

في هذا النوع من أنواع التشكيلات النسيجية تكون هنالك رقع Patches من خلايا منطفرة ضمن ارضيتة من خلايا عادية ، او خلايا عانت طفرات مغايرة .

فقد تكون الرقع ذات طفرات من نوع رباعية المجموعة الكروموسومية (4n) ، أو ثمانية المجموعة (8n) او ثلاثية كروموسوم متماثل (1 + 2n) Trisomic أو غير ذلك من الطفرات الكروموسومية أو الجينية ، بينما تكون الخلايا المؤلفة لباقي مناطق النبات اعتيادية 2n او ذات طفرات من نوع مغاير .

ان الكايميرات المختلطة غالباً ما ينظر اليها العلماء على انها تشكيلات نسيجية انتقالية Transitional ، حيث انها سرعان ماتتحول الى واحد أو اخرى من أنواع التشكيلات النسيجية الاخرى ، كالقطاعية ، او المحيطية أو الناقصة ، أو أن يتلاشى وجودها وتختفي تماماً فيحل محلها نسيج اعتيادي . أن هذا النوع من التشكيلات النسيجية (اي التشكيلات المختلطة Mixochimeras) كثيراً ماتتكون بعد المعاملة ببعض المواد المسببة للطفرات ، حيث تظهر مجموعات من الخلايا المطفرة في النبات المعامل ، أو في النبات الذي سبق أن عوملت البذور التي استنبق منها ، كما انها كثيراً ماتظهر في المزارع النسيجية Tissue cultures سواء كانت نباتية أم حيوانية أم أحياء مجهرية .

معجم الاسماء النباتية

ت = تركي

ك = كردي

A

Abies Fir تنوب

Abies balsamea Balsam fir تنوب البلسم

Acacia sengal Gum arabic tree سنط سنغالي

Acer monspensulanum maple اسفندان

Adiantam capillus-veneris Venushair, True or llack maidenhair كرفس البير ، كزبدة البئر

Agave **sisalana** Sisal سيسال

Aloe Alae صبار

Anacharis canadensis Elodea,Ditch moss ايوديا

Ammophila arexaria European heach gsass قصب السواحل

Ananas **comosus** Pineapple اناناس

Anium graneolens Celery كرفس

Aristolochia **bottae** Birthwort زراوند ، ورد البطة

Asclepias cueassarica Curassoavian swallow دفلة بلادي ، مرجام

Asparagus officinalis Asparagus, Aspragus fern كشك الماز سبركس ، هيليون ، هيليون كاسين

Atriplex leucocantha Salt bush رُغْل

B

Banksia Banksia بانكسيا

Bauhinca vriegata Camels feet خف الجمل

Begonia Rex, Elephants-ear, **Beefsteak gesanium** آذان الفيل

Berberis Barberry بربري

Beta vulgaris Beet root, Garden beet بنجر ، شوندر ، بانجار ـ ت ، چوكودار ـ ك

Betula aioa White birch تامول توز ـ ك

Bignonia Trumpet flower بيكنونيا

Boehmeria mivea Ramie, رامي

Chinese silk plant

Botrychium Rattlesnake ferns بوتريكيوم

Brassica olearacea var. **gongylodes** Kholarali, كَلَم

knol-kohl

Buddleja Butterfly bush بوذية ، بوذيجة

Calamatrostiy arenaria Reedgsass قصب الرمان

Calotropis procera Giant milkweed عشارة

بريسم ، حرير ، ديباج

Camellia sinensis tea شاي ، جاي

Canna indica Indian shot موز الفحل ، فحل الموز

Cannabis sativa Hemp قنب

Capsella bursa-pastoris Shepherd's purse كيس الراعي

كرافاري كارام ــ ك

Castanea Sativa Chestnut ، Spanish or eurasiam chestnut

كستناء

Ca3uarina **equisetifolia** Horsetail tree كازوارينا ،

كاجارينا ، اثل

Cedrus Cedar ارز

Ceratophylium Coontail شنبلان ، حامول المياه

Convolvulus arvensis Deeris foot مديد ، ليفليف ،

Citrus citron. جنس الحمضيات Field or small bindweed

Citrus sinensis Orange برتقال

Ceratopylium Hornwort,Coonteul شنبلان

Corchorus capsularis Jute, white jute جوت

Corchorus alitorius Jule, Jewis mallow جوت

Cydania abelonga Quince حيوة ، فرجل ، باهي

Cyperus Papyus فافير ، سعد الورق **Cycas revoluta** sago palm سايكاس

Cyperus roturdus Nut grass سعد **Cyperus**

Centaurea Bacheloris leuttcn كسوب

Centaury, Cornflower,

Dustymiller, **Knapweed**

Cichorium Chicory , طريش الاذن ،
wild endive هندبة ضيريس
Cupressus sempervirens Mediterranean cypress سرور

D

Datura innocia Jimson or Jamestaiun weed داتورة،
نغير ، تاتورة ، صغير السلطان
Delphinuim ajacis Recket larkspur منقار الطير
Dianthus chinensis Rainbaw pink قرنفل ، قرنفل صيني
Dictyota دكتيوتا
Diospyrus Ebony ابنوس
Dracaena Dracena , Dragon tsee دم الاخين
دم الاخوين ، دراسينا .
Drosera Sundew ورد الشمس ، دروسيرا

E

Ephedra alata Ephedra , Jaint-pine , Shrully Hore-tail,
Jaintpir علذرة ، علدة ، ليندة ،
عرك الحصان
Equisetum aruenre Horstail أذناب الخيل ، ذنب الحصان
كطع وصل ، مسوخ
Euphorbia heliescopia Sunrpurg ام الحليب ،
حناك الدجاج

F

Fagus Beech زان
Ficus Lenghalensis Banyan tree تبين بنغالي
Ficus carica commen fig التين
Ficus elastica Tndia rubberplant مطاط
Ficus indica **Evergreen** fig تين هندي
Froxinus rotundifolia Ash لسان الطير ، دردار
Freezia hybrida Coloured **freesias** كوبونيا

G

Galium Bedstraw , Ladies bedrlraw — لزيج

Geranium Craneslill — شمعدان ، نجتري ، درزيلوكة ـ ك

Ginkgo biloba Ginkgo, Maidonhair tree — جنكو

Gladiolu strugiolaceus Gladiolus — كلاديولس ، السلام

Glycine max Soylean — فول الصويا ، صويا ، صويبين

Gnetum Gnetum — فيتم

Gossypium Cotton — جنس المقطن

Gossyium arborcum Cottom, Celon_ cotton Chinese cotton — قطن

Gossypium barbadense Cotton , Levant cotton — قطن

Gossypium herbacoum Cotton, Levant cotton — قطن

Gossypium **hirsutum** cottom, American cotton, Bourbon cotton Upland cotton — قطن

H

Hakea — هاكيا

Helianthus aunuus Sunflower — عباس الشمس ، شمسي قمر

Heuea brasilensis Pararubber, Caoutehoue Tree — مطاط برازيلي ، شجرة الكاچوك .

Hoyo carnosa wax plant — نبات الشمع

Hyphaene thebaica Doum palm — نخيل الدم ، يبسه الحشف

I

Ipomoea batatus Sweet potatoes , Spanisl potatoes — البطاطة الحلوة

Iris gris , Fleur de-lis — سوسن

Isoetes Quillworts — ايزيتس

J

Jaosminuim officinale Poets jasamine ياسمين

Jasminum samlac Arabian jasnine , Tusean jasmine رازقي ، فل

Suylas regia Walnuts Comuon or Persian walnut جوز

L

Lactuca ratina Lettuce خس

Larix Larch لاركس

Linum unitatissimum Flax كتان ، كوش ـ ك

Luffa cylindrica Sponge gourd ليف

Lycopersicon **esculentum** Tomato طماطة ، بندورو

باذنجان افرنجي

Lycopodium Cowwon lycopode, Baskat selaginella مُسكية

لايكوبوديم

M

Magnolia Cucumber-tree, Umrella-tree

مونولیا ، ماكنوليا

Matthiola incana Stock, Gilli flower مثنور

سشبوي

Mesemiryanthemum Fig-marigold حي العلم

Metzeria ميتزريا

Morus alba White mulherry تكي ، توت

توث ، تو ـ ك

Musa textilis Manila **hemp** قنب مانيلا

Myriophyllum Parrote-feather شنبلان

Myrtus communis Myrtle ياس ، أس

N

Nerium oleander Oleander, Rose lay دفلة ، ورد الحمار

Nicotiana Talacum Talacco تبغ ، تتن ، تنباك

Nymphaea Wates lily كعيبة ، كوكله ،

زنبق المي ، زنبق الماء

O

Olea europea Olive, The cowwon olive — زيتون

Opuntia Priskly pear, Opuntia — صبير

Oryza sativa • Rice, Paddy — رز ، تمن ، شلب

P

Papaver semniferum Opium poppy ، White poppy

خشخاش منوم ، افيون ، جيلنجك رك

تدياك ـ ك

Pelargrnium Stork bill , Geranium of garuen,

Pelargonium — شمعدان ، عطر ، بلكوين

Petunia hylerida cowmon petunia — ورد البوري

Peperomia Peperomia — بيبروميا

Picea Spruce — كركر

Pimpinella anisum Anise — نيسون ، أنسون

Pinguicula butterworts — خشيشة الدهن

Pinus **Pine** — صنوبر

Piper nigrum Pepper — فلفل اسود

Pisun sativum Pea, Garden pea — بزاليا

Phaseolus vulgaris Kidney bean — فاصولية

Phoenix dactylifera Date palm — نخيل التمر

Platanus Plane tree — چنار ، حور

Polypodium Polypody, lady ferns — بوليبوديم

خلنجان

Pontederia cordata Pickerel weed — بونتدريا قلبية

Populus Poplar, Apen, Cattanwood — غرب

Populus alba wnite poplar, Abelc — غرب ، حور ابيض

Potamogeton lucens Pand weed — لسان الثور

لسان البحر

Potamogeton pectinatus Pand weed — لسان الثور

لسان البحر

Pseudotsuga taxifolia Dauglas fir — سودوتسوكا

Pteridium Bracken, Brakc — تريديم

Prunus persica Peach خوخ
Prunus armeniaca Apricot مشمش
Pyrus comounis Pear عرموط ، كمثرى
Pyrus malus Apple تفاح

Q

Quercus suber cork oak بلوط

R

Raphanus sativus Radish فجل
Ranunculus asciaticus Asiatic buttercup شقائق
Persian crowfoot شكيرك
ذ نيسان ، شقائق النعمان

Ranunculus **agratilei** Buttercup , Crowfoot شقائق
Retama raetam رتم
Rhododedron **maximum** Rose bay رودودندرون
Rhyncosia دينكوسيا ، جُبيلَة
Ricinus comnunis Castor- bean , Castor oil plant
Palma christi خروع
Robinia pseudocacia Black locust روبينيا
Rosa Rose ورد ، ورد جوري
.**tuscus aculeatu'** Butchers broom سفندر

S

Sagittaria Arrowhead, Duck-potato مزمار الراعي
Salix Willow صفصاف
Salvia splendens Scarlet sage ورد المرجان
Sam bucus Elder بيلسان ، بَلَسان
Sequoia gigantea General sherman tree سيكويا
Solanum nigrum Night shade عنيب الوادي
عنب الذيب
Solanum tuberesum Patatoes بطاطة ، بتيتة
Sonchus oleraceus sow-thistle, **Milk-thistle** مرير
Spar tino Salt grass سبارتينا

Squola semperviens Red wood — شجرة الخشب الاحمر
Statice Sea lavender — كراد ، ستاتيس
Sw..tenia Mahogany — ماهوكني

t

Tamarix Tamarisk — طرفة ، طرفاء
Tectona Honeysuckle — تيكوما ، زهر العسل
Tectona grandis Teak — شجرة الصباح ، خشب الصاج
Tilia Barswood — زيزفون
Trifolium Clover , Bersin clover — برسيم
Trochodendron Trochodendron — تروكودرندرون
Tropaeolum majus Garden nasturtium — أبو ضجر ، لاتيني
Tsuga Hemlock — تسوكا
Thymelaea hirsuta silvary-leaved daphne — ركلة ،عشبة السباع

U

Ulmus Eln — شجرة البق ، نبتج ، بقم اسود
Urtica Nettle — حكيكة ، قريص ، حرّيق
Utricularia

V

Vaccinium macrocarpon Large or American Cranberry — غرنوق
Verbascum Mullein — لبيدة ، آذان الدب
آذان الطلي ، سمرة
Vicia faba Broad beans — باقلاء ، فول ، فولية
Vitis vinifera Grape — عنب ، ازم ـ ك
تري ـ ك

Y

Yucca boccata
spanish bayonet — يوكا
Yucca aloifolia

Z

Zea mays Maize , gndian carn — ذرة صفراء

Zinnia elaganse Youth and old age — زينا

Vascular tissuc system	نظام نسيجي وعائي
Vein	عرق (في الورقة)
Velamen	البرقع (بشرة مركبة)
Venation	تمـــرق
Vertical parenchyma	برنكيمة عمودية
Vertical system	نظام عمودى (في الخشب والحـــاء الثانويين)
Vessel	وعـــاء
Vessel element (vessel member)	وحدة وعاء
Vessel member	عنصر وعائـــي
Wall	جـــدار
Wood	خشب (ثانوي)
Wound periderm	بريدرم جروح
Xeromorphic	صحراوى (شكلا)
Xylem	خشـــب
Xylem element	عنصر خشـــب
Xylem fiber	ليفـــة خشـــب
Xylem initial	أصل خشبي (خلية كمبيوم تكـــون - الخشب)
Xylem ray	شـــعاع خشـــب

English	Arabic
Transfusion tissue	نسيج انتقالي (في أوراق عاريـــات البذور)
Triarch	ثلاثـي الاذرع
Trichoblast	ترايكوبلاست ـ بداية الشـــــعيرة الجذرية
Trichome	شـــعيرة بشرية
Trichosclereid	خلية متصلبة شعرية
Tunica-corpus Theory	نظرية الغلاف والبدن
Tylosis	تايلـــوس
Uniseriate	وحيد الصف
Vacuole	فجـــوة
vacuome	الجهاز الفجوي
Vascular bundle	حزمة وعائية
Vascular cambium	كمبيوم وعائي
Vascular cylinder	أسطوانة وعائية
Vascular meristem	مرستيم وعائي
Vascular ray	شعاع وعائي
Vascular system	نظام وعائي

Stoma	ثغــــر
Stomatal chamber	ردهــة ثغريــة
Stomatal pore	فتحــة ثغريــة
Stone cell = **Brachysclereid**	خلية حجرية (صخرية)
Storied cambium **Stralificd cambium**	كمبيــوم منضد
Stroma	ســــتروما
Suberin	ســـوبرين
Suberization	تســـوبر
Subsidiary cell	خلية مساعدة
Summer wood	خشــب الصيف
Supporting tissue	نســـيج ساند
Symplastic growth	طابوقي ـ نمو منسق
Tangential	مماســـي
Tannin	دباغ ـ تانــين
Taproot	جذر وتـــدي
Testa	قصــرة
Tetrarch	رباعــي الاذرع
Thickening	تغلظ ـ تسمك
Tissue	نســـيج
Tissue system	نظـــام نسيجي
Tonoplast	غشاء الفجوة
Torus	تخت (في النقرة المضفوفة)
Tracheary element	عنصر ناقل (في الخشب)
Tracheid	قصيبة

Sieve element — عنصر منخلي
Sieve field — حقل منخلي
Sieve pitting — تنقر منخلي
Sieve plate — صفيحة منخلية
Sieve tube — انبوبة منخلية
Sieve tube element — وحدة انبوبة منخلية
Sieve tube member — وحدة انبوبة منخلية
Silica cell — خلية سليكونية
Simple (Non-articulated) laticifer — خلية حليبية بسيطة
Simple perforation plate — صفيحة بسيطة التثقب
Simple pit — نقرة بسيطة
Simple pit-pair — زوج نقرى بسيط
Simple sieve plate — صفيحة منخلية بسيطة
Siphonostele — عمود وعائي اسطواني
Slime plug — سداد هلامي
Softwood Sag wood — خشب رخو
Solenostele — اسطوانةوعائية جوفاء (ثنائية اللحاء)
Spiral Thickening — تغلظ حلزوني
spongy parenchyma — برنكيمه اسفنجية
Sporopnyte (2n) — الطور البوغي (٢ س)
Spring wood Early wood — خشب ربيع
Starch sheath — غمد نشوي
Stele — عمود خشبي
Stellate — نجمي

Scale	حرشــــفة
Scale bark	قلف حرشــــفي
Scar tissue	نســـــيج ندبة
Schizogenous	انفصالي ـ انشطاري
Sclereid	سكلريدة ـ خلية متصلبة (سكلريدة)
Sclerenchyma	ســــكلرنكيما
Sclerenchyma cell	خليــــة ســـكلرنكيمية
Sclerification	تصلــــب
Sclerotic parenchyma cell	برنكيمية متصلبة
Secondary body	جسم ثانوي
Secondary wall	جدار خلوى ثانوي
Secondary growth	نمــو ثانوي
Secondary phloem	لحـــاء ثانوي
Secondary thickening	تغلظ ثانوي
Secondary vascular tissue	نسيج وعائي ثانوي
Secondary xylem	خشب ثانوي
Secretory cavity	تجويف افرازي
Secretory cell	خلية افرازية
Secretory duct	انبوبة افرازية
Secretory hair	شعيرة افرازية
Separation layer Abscissionlayer	طبقة انفصال
Septate fiber	ليفة مقسمة
Septum	حاجــز
Sieve area	باحة منخلية
Sieve cell	خلية منخليــــة

Ray parenchyma	برنكيما شعاعية
Ray cell	خلية شعاعية
Ray tracheid	قصيبة شعاعية
Resin duct	قناة راتنجية
Reticulate thickening	تغلظ شبكي (في الجدار)
Reticulate perforation plate	صفيحة شبكية التثقب (في أوعية الخشب)
Reticulate sieve plate	صفيحة منخلية شبكية (في الانابيب المنخلية)
Reticulate venation	تعرق شبكي
Retidome	قلف ـ خارجي
Rib meristem	برستيم ضلعي ـ مرستيم لب
Ring bark	قلف حلقي
Ring- porous wood	خشب حلقي المسام
Root cap Calyptra	قلنسوة
Root hair	شعيرة جذرية
Sapwood	خشب رخو
Scalariform thickening	تغلظ سلمي
Scalariform perforation plate	صفيحة سلمية التثقب (في اوعية الخشب)
Scalariform pitting	تنقر سلمي
calariform-reticulate thickening	تغلظ سلمي شبكي
Scalariform sieve plate	صفيحة منخلية سلمية

Primary cell wall	جدار خلوى ابتدائي
Primary qrowth	نمو ابتدائي
Primary meristem	مرستيم ابتدائي
Primary phloem	لحـــاء ابتدائي
Primary pit field	حقـل نقرى ابتدائـي
Primary vascular tissue	نسـيج وعائي ابتدائي
Primary xylem	خشب ابتدائي
Primordium	بـــداءة
Procambium	كمبيـــوم اولي
Promeristem	مرستيم أولي
Proplastid	بلاستيدة أولية
Proto phloem	بشــرة أولية
Protoxylem	لحـــاء أول
Protoplasm	بروتوبـــلازم
Protoplast	بروتوبلاســـت
Protostele	اسطوانة وعائية اولية (عمود وعائي اولي)
Protoxylem	خشــب اول
Protoxylem lacuna	تجويف الخشــب الاول
Pulvinus	وســـادة ورقية
Rdial parenchyma	بارنكيمـــا قطريــة
Radial system	نظام شعاعي (في الخشب واللحاء الثانويين)
Ramiform pit (Branched pit)	نقــرة متشـــعبة
Raphides	رافيدات ـ بلورات ابرية
Ray	شـــماع
Ray initial	اصل شماعي (في الكمبيوم الوعائي)

Photosynthetic cell	خليـــة تمثيليـــة
Phragmoplast	فراكمبوبلاست ـ جسم برميلي
Phragmosome	فراكمـــوزوم
Phylogeny	نشـــوء تطوري
Pit	نقـــرة
Pit aperture	فتحـــة النقرة
Pit canal	قناة النقرة
Pit cavity	تجويف النقرة
Pit chamber	ردهة النقرة (غرفة النقرة)
Pit membrane	غشاء النقرة
Pit pair	زوج نقـــري
Pith	نخاع ـ لب
Pith ray	شعاع نخاعي ـ شعا علبي
Plasma membrane	غشـــاء بلازمي
Plasmodesma	بلازمودزما (خيط بلازمي)
Plastid	بلاســـتيدة
Plate collenchyma	كولنكيمـــا صفيحية
Plate meristem	مرســـتيم صفائحي
Plectostele	اسطوانة اولية مجنحة
Plerome	بليروم ـ منشيء الاسطوانة المركزية
Polyarch	عديد الاذرع (للخشب)
Porous wood	خشب مســـامي
Primary plant body	جســـم ابتدائي

Paracytic stoma	ثغــر متوازي الخــلايا
Parallel venation	تعــرق متوازي
Parenchyma	برنكيمــــا
Axial parenchyma	برنكيمــا محورية
Ray parenchyma	برنكيمــا شعاعية
Parietal cytoplasm	سايتوبلازم جــداري
Passage cell	خليـــة مرور (في القشرة الداخلية)
Pectic substances	مـــواد بكتية
Peltate hair	شـــعيرة درعية
Perfortation plate	صفيحة مثقبة (في أوعية الخشب)
Periblem	منشيء القشر(في نظرية نشوء الانسجة)
Periclinal	محيطي (موازي للجدار)
Pericycle	دائرة محيطة
Pericyclic fiber	ليفة بريسايكل ـ ليفة دائرة محيطة
Periderm	بشرة محيطة
Phellem (Cork)	فلـــين
Phelloderm	قشرة ثانوية فلودرم
Phellogen (Cork cambium)	فلوجــين ـ كمبيــوم فلينـــي
Phelloid cell	خليــة شــبه فلينية
Phloem	لحــــاء
Phloem fibers	ألياف اللحاء
Phloem parenchyma	بارنكيما اللحــــاء
Phloem ray	اشــــعة لحــاء

Multiseriate	عديد الطبقات (عديد الصفوف)
Multiseriate ray	شعاع عديد الطبقات
Nectar	رحيق
Nectary	رحيقي
Netted venation (Reticulate venation)	تعرق شبكي
Nodal diaphragm	حاجز عقدي
Node	عقدة
Nonarticulated laticifer	تركيب حليبي غير مركب (بسيط)
Nonporous wood	خشب غير مسامي (في عاريات البذور)
Nonstoried cambium (Nonstratified cambium)	كمبيوم غير منضد
Nuclear envelope	غلاف نووي
Nuclear sap (Karyolymph)	سائل نووي
Nucleolus	نويّة
Ontogeny	نشوء تكويني
Open vascular bundle	حزمة وعائية مفتوحة
Open venation	تعرق مفتوح
Opposit pitting	تنقر متقابل
Nucleus	نواة
Osteosclereid	سكلريدة عظمية (خلية متصلبة عظمية)
Oil duct	قناة زيتية
Orchids	أراكيد
Orientation	انتظام (ارتباط بوضع معين) ـ توجه
Palisad parenchyma	برنكيما عمادية
Papilla	حلمة

Medullary rays	أشــــعة نخاعية
Medullary sheath	غمــد نخاعــي
Meristem	مرســــتيم
Meristematic cell	خليـــة مرستيمية
Meristele	حزمة جزئية (حزمة ناقصة)
Mesarch xylem	خشب وسطي الخشب الاول
Mesomorphic	وسطى البيئة شـــكلا
Mesophyll	نسيج متوسط (نسيج وسطى)
Mesophyte	نبات بيئة متوسطة
Metaphloem	لحـــــاء تالي
Metaxylem	خشـــــب تالي
Micelle	أيون غروي (المذيلة)
Microfibrils	لويفـــات دقيقة
Microsome	مايكروســـوم
Middle lamella (Intercellular substance)	صفيحية وســـطى
Mitochondria	مايتوكوندريــــات
Morphogenesis	نشـــوء شكلي تشكل
Morphology	علـــم الشكل
Mother cell	خلية الام
Motor cell (Bulliform cell)	خلية حركيـــة
Mucilage cell	خليـــة هلامية
Mucilage duct	قنـــاة هلاميـــة
Multiple epidermis (Multiseriate epidermis)	بشرة عديدة الطبقات (مركبة)

Leaf gap	ثغـــرة ورقيـــة
Leaf primoardium	بادئة ورقية
Leaf trace	مســـار ورقي
Lenticel	عديســـة
Leucoplast	بلاستيدة عديمـة اللون
Libriform fiber	ليفة مستدقة (خلية ليفية عادية)
Lignification	تلجنــن
Lignin	لكنـــين
Lithocyst (Lithocyte)	كيس البلورة المعلقـــة (خلية البلورة المعلّقة)
Lithocyte	خليـة البلـورة المعلقة
Lumen	تجويف (خلوى)
Lysigenous	انقراضي
Lysigenous cavity	تجويف انقراضي
Lysigenous intercellular space	مسافة بينية انقراضية
Macrofibrils	لويفات كبيرة
Macrosclereids	ســكلريدات كبيرة
Marginal initials	أصــول حافيـة (في الورقة الاولية)
Marginal meristem	مرستيم حــافي (في نصل الورقة)
Mass meristem	مرســتيم كتلي
Matrix	مادة ارضيـــة
Mature	ناضــج
Mechanical tissue	نســيج دعامي (ميكانيكي)
Medulla (pith)	نخـاع ـ لـب
Medullary bundle	حزمة نخاعيـــة

Interfasciular cambium — كمبيـــوم بين حزمي

Intervascular pitting — تنقر بــين وعائــي

Interxylary phloem — لحــاء بين خشبي

Interusive growth — نمـــو انزلاتي

Intussusception growth — نمو اندماجي (اندغامي)

Isodiametric — متساوى الاقطـــار

Isotropic — متجانس (ضوئيـــا)

Karyokinesis — انقســـام نووي

Karyolymph — ســـائل نووي
(Nuclear sap)

Knot — عقـــدة

Lacuna — تجويـف

Lacunar collenchyma — كولنكيمـــا فراغية

Lamella — صفيحـــة

Lamellar collenchyma — كولنكيمــــا صفائحيـــة

Lamillated cutrcle — ادمة ذات الطبقات

Lamina = lrsg lade — نصل الورقة

Lamillated cuticle — أدمـــة ذات الطبقات

Late wood = Su, mer wood — خشـــب متأخـــر

Latex — حليـــب نباتي

Laticifer — تركيب حليبي

Laticiferous cell — خليـــة حليبية

Litieiferous vessel — وعـــاء حليبي

Guttation	ادمـــــاع
Half-bordered pit pair	زوج نقري نصف مضفوف
Halophytes	نباتات البيئة الملحيــة
Hardwood	الخشـــــب الصلب
Haustoria	ممصـــــات
Heartwood	خشــب صميمي
Helical thickening	تغلظ حلزوني (في الجدار)
Hemp	نبات التيل ـ نبات القنب
Hilum	ســـــرة
Herbaceous	نباتات عشــــبية
Histogen	منشــئ نســـيج
Histogen theory	نظريـــة نشـــوء الانسجة
Hydathode	ثغــر مائي ـ ثغر دمعي
Hydrohytes	نباتات مائيـــة
Hygrophytes	نباتات الرطوبة
Hypodermis	تحت بشـــــرة
Idioblast	اديوبلاست (خلايا منعزلة)
Impregnation	تشبع (الخشب أو الجدار)
Indeterminate growth	نمــو غير محــدود
Initials	اصـول ـ بداءات
Insectivorous plants	نباتات اكلة الحشرات.
Intercalary growth	نمو بيني أو (انحشاري)
Intercalary meristem	مرستيم بيني. (انحشاري)
Intercellular space	مسافة بينية
Intercellular substance (Middle lamella)	مـــادة بينية

Floral nectary	**تركيب رحيقي زهـري**
Follicle	**حويصلـة (ثمرة)**
Fundamental tissue	نسـيج اساسى
Fundamental tissue system (Ground tissue system)	نظام النسيج الاساسى
Fungus	فطـر
Funiculus	الحبل السـري
Fusiform cell	خلية مغزليـة
Fusiform initials	اصـول مغزليـة (في الكمبيوم الوعائي)
Fusion	التحـام
Gap	ثغـرة
Branch gap	ثغـرة فـرع
Leaf gap	ثغـرة ورقيـة
Gland	غـدة
Grasses	نجيليـات (حشائش)
Glandular hair	شـعيرة غدية
Gliding growth	نمـو انزلاقي
Ground meristem	مرسـتيم اساسى
Grain in wood	تحبب الخشـب
Ground-tissue system	نظـام النسيج الاساسى
Growth	نمـو
Growth layer	طبقـة نمـو
Growth ring = Annual ring	حلقـة نمـو
Guard cell	خليـة حارسة
Gum	صمـغ
Gum duct	قنـاة صمغيـة

Endosperm	سويداء
Endogenous	داخلي المنشـــأ
Epiblast	ايبيلاست (نسيج مرتبط بالقصعة)
Epiblem	بشرة الجذر
Epicarp	الجدار الخارجي للثمرة
Epidermis	بشـــــرة
Epithelial cell	خليـــة طلائية
Ergastic substances	مواد ايضيـــة
Eumeristem	مرستيم حقيقي
Eustele	اسطوانة وعائية حقيقية
Exalbuminous seed	بذرة لا اندوسبرمية
(Exendospermic seed)	= بذرة (بذرة عديمة السويداء)
Exarch xylem	خشب خارجي الخشب الاول
Exfoliation	ســـقوط الاوراق
(Leaf abscission)	
Exocarp	الجدار الخارجي للثمرة
Exodermis	اكسودرمس (قشرة خارجية)
Exogenous	خارجي المنشـــأ
Extrafloral nectary	تراكيب رحيقية خارج الزهرة
Extraxylary fibers	ألياف خارج الخشب
Fascicular	حزمـــي
Fiber or fibre	ليفـــة
Fiber-Sclereid	سكلريدة ليفية
Fiber-tracheid	قصيبة ليفيـــة
Fibril	لويفة (لييفة)
Filiform	خيطـي الشـــكل
Filiform sclereids	سكلريدات خيطية خلايا متصلبة خيطية
Filling tissue	نســـيج حشـــوي

Diaphragm	**حاجـــز**
Diaphragmed pith	**نخـــاع محجز**
Diarch	**ثنائـي الاذرع**
Dicotyledons	ذوات الفلقتـين
Dictyostele	عمود وعائـي شـبكي
Differentiation	تميـــز
Diffuse porous wood	خشـب متناثر المسام
Dilatation	انتفاخ
Distal	بعيــد
Distortion	انحـــلال
Dorsiventral	ظهرى ـ بطني
Drupe	ثمـــرة لوزية
Druses = Rosette erystals	بلـــورات نجمية
Duct	قنــــاة
Elongation	اســتطالة
Ectophloic siphonostele	اسطوانة وعائية خارجية اللحاء
Ectoplast (Plasma membrane)	اكتوبلاست ، الغشاء البلازمي
Elaioplast	بلاســتيدة زيتية (عديمة اللون)
Embryo	جنــين
Emergences (Second-rank appendage)	زوائد (خالية من النسيج الوعائي)
Endarch	داخلي الخشب الاول
Endocarp	الجدار الداخلي للثمـــرة
Endodermis	اندودرمس (قشرة داخلية)

Crystalloid	جسم شبه بلوري (في حبيبات اليرون)
Crystals	بلـــورات
Crystal sand	رمل بلورري
Cuticle	كيوتيكل ـ أدمـة
Cuticularization	تادم ، تكوتل
Cutin	كيوتـــين
Cutinization	تكيتــن
Cylinder	اســـطوانة
Vascular cylinder	اسطوانة وعائية
Cystolith	بلورة معلقة ـ حوصلة حجرية
Cytochimera	كايمرة خلوية ـ تشكيلة خلوية
Cytokinesis	انقسام السايتوبلازم
Cytology	علـــم الخليـــة
Cytoplasm	ســـايتوبلازم
Cyto-histological zonation (Growth of zones)	طــراز نمو المناطــق (في عاريات البذور)
Dedifferentiation	فقد التميز
Derivatives	مشـــتقات
Dermal tissue	نســيج ضــام
Dermal tissue system	النظام النسيجي الضام
Dermatogen	منشــىء البشــرة
Determinate growth = Limited growth	نمـــو محـــدود
Development	نمو ـ تطور تكويني ـ تكشف
Diacytic stoma	ثغــر متصالب الخلايا

Collateral vascular bundle	**حزمـــة وعائية جانبية**
Cohesion	**تلاصق**
Collenchyma	كولنكيمـــا
Coleorhiza	غمد الجذير
Colleter	كولليتر (شعيرة غدية متعددة الخلايا)
Companion cell	خلية مرافقة
Complementary tissue	نسـنـيج مفكك
Compound laticifer (Articulated laticifer)	تركيــب حليبي مركب
Compound middle lamella	صفيحة وسطى مركبـــة
Compound sieve plate	صفيحة منخلية مركبة
Compression wood	خشب انضغاط
Concentric vascular bundle	حزمة وعائية مركزية
Conducting tissue	نسيج ناقل
Copal	افـراز كوبــال
Cork (phellem)	فلـــين
Cork cambium (Phellogen)	كمبيـوم فليني
Corpus	بـــدن
Cortex	قشــــرة
Connecting strands	خيـــوط واصلـــة
Crassulae (Bars of Sanio)	تراكيب هلالية (بالنقر المضفوفة)
Cross field	الحقل المستعرض (بالنسيج الوعائي)

Cell wall	جـــدار خلوي
Central cylinder	اسطوانة مركزيـــــة
Central mesophyll	نسـيج وسـطى مركزي
Central mother cell	الخلايا الام المركزية
Centrifugal	نحو الخارج
Centripetal	نحو الداخل
Chimera	كايميرة (تشكيلة نسيجية)
Mericlinal chimiras	كايميرات ناقصة
Mixoclinal chimeras	كايميرات مختلطة
periclinal chimera	كايميرات محيطية
sectorial chimeras	كايميرات قطاعية
Chlorenchyma	كلورنكيمـــا
Chlorophyll	كلوروفيـــل
Chloroplast or chloroplastid	بلاســـتيدة خضراء
Chondryosomes	كوندريوزومات
Chromoplast	بلاســـتيدة ملونة
Closed venation	تعـرق مغلــق
Closing layer	طبقـــة غالقــة
Closing membrane	غشـــاء غالــق
Coenocyte	مدمـــج خلوى
Coleoptyle	غمـد الريشــة

Bundle sheath	غمـد الحزمـة
Bunde sheath extention	امتداد غمـد الحزمـة
Bud scales	حراشف برعميـــة
Budding	تبـــرعم
Callose	كالـوز (مادة كربوهيدراتية)
Callus	كالاس تركيب كالومي (بالصفائح المنخلية)
Callus	نسيج كالومى (بالمزارع النسيجية) والتئام الجروح الخ
Calyptrogen	منشىء القلنســـوة
Cambial initials	اصول كمبيومية
Cambium	كمبيــوم
Non-storied cambium	كمبيـــوم غير منضد
Storied cambium	كمبيـــوم منضد
Vascular cambium	كمبيوم وعائـي
Carnivorous plants	نباتات مفترســة
Casparian strips (or bands)	أشرطة كاســبار
Carpel	كربلــــة
Cataphylls	أوراق سفلية (في الابصال)
Cauline	اوراق ساقية (تخرج من السيقان القرصية)
Coulis (or stem)	ســـاق
Cell membrane	غشاء خلوي
Cell plate	صفيحة خلوية
Cellulose	ســليلوز

Axial system	نظـــــام محوري (من الخشب واللحاء الثانويين)
Axial perenchyma	بارنكيما محورية
Axial tracheid	قصيبـــة محوريـــة
Axillary meristem	مرستيم ابطي
Bark	قلـــــف
Basipetal	باتجاه القاعدة
Basifugal = **Acropetal**	بعيدا عن القاعــــدة **(نحو القمة)**
Bars of Sanio	تراكيب سانيو (هلالية)
Bast **fiber**	ليفـــة لحائيـــة
Bauhinia	جنس بوهينيا ـ خف الجمل
Bicollateral vascular bundle	حزمة وعائية جانبية ثنائية اللحاء
Bifacial leaf	ورقة ذات الوجهين
Biseriate ray	شـــعاع ثنائي الصف
Blind pit	ثغـــرة عميــــاء
Bordered pit	نقرة مضفوفة
Bordered pit-pair	زوج نقري مضفوف
Brachysclereids (Stone cells)	سكلريدات صخرية ـ خلايا صخرية
Branched pit **Ramiform pit**	نقرة متشعبة
Branch gap	ثغرة غصنية ـ فجوة غصنية **(في النسيج الوعائي)**
Branch root	جذر فرعي
Branch trace	**مسار فرع**
Bryophytes	حزازيات
Bulliform cell (or **Motor cell)**	**خلية منتفخة (محركة)**
Bundle sheath extention	**امتداد الحزمة .**
Bundle end	**نهاية الحزمـــة**

Anthocyanin	انثوســـيانين
Anticlinal	متعامـــد على الســـطح
Antipodal cells	خلية قمية
Apex	قمـــــة
Apical cell	خلايا سمتية (في الكيس الجنيني)
Apical cell theory	نظرية الخليـــة القمية
Apical meristems	مرستيمات قميـــة
Apium	جنس الكرفس
Apocaynaceae	العائلة الباذنجانية.
Apposition	تراكم ـ تراكب
Apposition growth	نمـــو بالتراكم
Aquatic plants = Hydrophytes	نباتات مائية
Araceae	عائلة القلقاس
Areole	مساحة صغيرة (في الورقة)
Appendage	زائـــــدة
Aralia	جنس اراليـــا
Aristolochia	جنس ارستولوكيـــا
Aspirated pit	نقرة مرتشفة أو مختنقة
Artemesia	جنس الشـــيح
Articulated laticifer	تركيب حليبي مركب
Asclepiadaceae	العائلة. المشـــارية
Asparagus	جنس الهليون ـ كشك الماز
Aspidium	سرخس اسبيديوم
Astrosclereid	ســـكلريدة نجمية . خلية متصلبة نجمية
Atactostele	عمود وعائي مبعثر الحزم
Axis	محـــــور

Almond	لــــــوز
Aloe	صبـــار ـ صبـر
Amaranthaceae	عائلة عرف الديك
Amphicribral vascular bundle	حزمة محيطية اللحاء
Amphiphloic vascular bundle	حزمة ذات لحاءين
Amphicribral Siphonostele	عمود وعائي أسطواني
Ampivasal vascular bundle	حزمة محيطية الخشب
Amyloplastid	بلاســتيدة خازنة للنشا
Amyloplast	بلاســتيدة خازنة للنشا
Anastomosis	تشــــابك
Anatomy	علم التشريح . تشريح
Androecium	طلع (اعضاء التذكير)
Angular collenchyma	كولنكيما زاويــة
Androgynophore	حامل الطلع والمتـــاع
Angiosperms	مغطـــاة البـذور
Anomocytic stoma	ثغــر متباين الخلايا
Annular thichening	تغلـــظ حلقي
Anisotropic = Optically active	غير متجانس (ضوئيـا)
Annual ring	حلقـــة سنوية
Anisocytic stoma	ثغر عديم الخلايا المساعدة
Anther	متك . مئبر
Anthesis	تفتــــح
Anomalous secondary growth	نمو ثانــوي شـــاذ

قاموس المصطلحات

GLOSSARY

Abaxial	بعيداً عن المحور (سفلي في الورقة) . بد محوري
Abies	تنوب (جنس نباتي)
Abscission	انفصـــال
Abcsission zone	منطقــة الانفصــال
Absorption	امتصـــاص
Acacia	سنط (جنس نباتي)
Accessory	مســاعد ـ اضافي
Accessory bud	برعم اضافي
Accessory cell	خلية مســاعدة
Acer	اســفندان (قيقب) جنس نباتي
Acropetal	باتجــاه القمة
Acropetal succession	تتابــع قمي
Adaxial	قريب من المحور (علوي في الورقة)
Adnation	التحــام
Adventitious	عرضــي
Aerenchyma	برنكيمــا هوائية
Aesculus	جنس كستناء الفرس
Air chamber	غرفة هوائيــة
Albuminous cell	خلية البومينية (في لحاء المخروطيات)
Aleurone grain	حبــة اليرونيــة
Alkaloid	قلويدة ـ أشباه قلويــة
Allium	جنس البصل

REFERENCES

1. Al-Ba-ali, S.A. 1967. The gardens. Al-edara al-mahaliya press, Baghdad. In Arabic .pp. 554
2. Al-Bermani,. A.K. 1981. Systematic stydy of the the genus **Verbascum** (Scrophulariaceae) as it accurs in Iraq. M.Sc. Thesis, Univ. Baghdad. gn Arabic.
3. Al-Musawi, A.H.E. 1978. plant Taxonomy. Mosul Univ. Press, Mosul-Iraq. pp. 379.
4. Al-Rawi, A. H.L. chakrararti. 1964. Medicinal plants of Iraq. Gover ment press, Baghdad.. pp. 109.
5- Baalbaki, M. 1976. Al Mawrid, a modern Englis-Arabic dictionary, edd. 10, Dar el-ilne, Lil- malayen, Beirut pp. 1115.
6. Bailey, L.H. 1968. Manual of cultivated plants, most commonly grown in the continental United States and Canada. The uas millan comupany, New York. pp. 1116.
7. Bold, H.C. 1967. Marphology of plants. Harper and Row. Sec. ed.
8- Chakravarty, H.L. 1976. Plant wealth of Iraq, a dictionaty of economic plants. Vol. 1 Min. Agri. Iraq. pp. 505.
9. Eames, A.J. of L.H Mae Daniels. 1953. An Introdaction to plant Anatomy. Me Craw-Hill Book Company, Inc. New York.
10. Esau, K. 1953. Plant Anatouy. John wiley and Sons, Inc. New York.
11. Esau, K. 1956. Anatamy of Seed Plants. Jahnwiley and sons, Inc. York.
12. Esau, K. 1965. Vascular Differentiation n Planis Holt, Rinehart and winston, New York.
13. Fahn, A. 1969. Plant Anatomy. Pergamon Press. Oxford.
14. Foster, A.S. of E.M. Gifferd. 1974. Comparative marphology of Uaseular plants. edd.2 .W.H. Freeman and compant San Francisco. pp. 751.

15. Guest, E.R. 1933. Nates on plants and plant products with their colloqaial names in Iraq. Dep. Agr. Iraq. Bull No. 27. Goberment press. pp. 111.
16. Hayward, H.E. 1938. The structure of Economic plants. Mac millan Company, New York.
17. Heywood, V.H. (ed.) 1978. Flowering plants of the werld Oxford Univ. Press. PP. 335.
18. Hill, A.F. 1952 Economic Botany. Mecraw-Hill Company. New York.
19. Issa, A. 1981. Dictionnaire Des Noms Des Piantes. Dar Al-Raed Al-Arabi, Beirat-Lebanan. pp. 193.
20. Jenson, W.A. 1967. The plant Cell. Macmillan Company, Londdon.
21. Lawrence, G.H. M 1951. Taxonamy of Vascular Plants. The Macmittan Comp, New York, pp. 823.
22- O'Brien, T.P. of M.E. Mc. Cuily. 1969 Plant structure and Debelopment Macmillan Company.
23. Pridham, J.B. 1968. Plant cell Organelles. Academic Press, London.
24. Townsend, C.C; Cuest, E. of A.Al-Rawi. 1966. Flora of Iraq. Vol. 2. pp. 184.
25. Willis, J.C. 1973. A dictionary of the flowering plants ferns. edd 8, Cambridge Univ. Press. pp. 1245.

محتويات كتاب
أساسيات علم تشريح النبات

تم الايداع ببغداد ٤٥٣ لسنة ١٩٨٨

